Digitized by Google

LE
FERROVIE ECONOMICHE

PER

OTTAVIO MORENO

. . TEOLLORE DEL MATERIALE PER LA SOCIETA' ITALIANA

PER LE FERROVIE MERIDIONALI

TORINO

Tip. del *Monitore delle Strade Ferrate*

1872.

Digitized by Google

Digitized by Google

10.8.296

Digitized by Google

LE
FERROVIE ECONOMICHE

PER L'INGEGNERE

OTTAVIO MORENO

CONTROLLORE DEL MATERIALE PER LA SOCIETA' ITALIANA

PER LE FERROVIE MERIDIONALI

TORINO

Tip. del Monitore delle Strade Ferrate

1872.

Digitized by Google

ESTRATTO

dal *Monitore delle Strade Ferrate* del 1871-1872.

Proprietà letteraria.

Digitized by Google

Al Direttore del *Monitore delle Strade Ferrate*
TORINO.

Pregiatissimo sig. Direttore,

Da lungo tempo Ella m'aveva gentilmente aperto le colonne del suo giornale per riprodurre una relazione intorno alla ferrovia Festiniog nel principato di Galles in Inghilterra, celebre per le sue modestissime proporzioni e per gli splendidi risultati finanziarii del suo esercizio, la quale ebbi incarico di studiare dalla Direzione generale delle Ferrovie meridionali.

Non parvemi tuttavia questa relazione acconcia al suo giornale, perchè non sarebbe riuscita intelligibile senza il sussidio di disegni, e perchè si limitava a descrivere la costruzione d'una ferrovia meritevole d'esser conosciuta ed apprezzata, senza però discutere diffusamente la questione delle ferrovie economiche.

Da lungo tempo erami proposto d'accettare la sua cortesa offerta e di comunicarle un riassunto della teoria delle ferrovie economiche, valendomi dell' esperienza acquistata dacchè ebbi la buona ventura di poter studiare minutamente il più bell'esempio di costruzioni di tal genere che forse possa citarsi.

Occupazioni che non ammettevano dilazione, ed anche una certa timidità d'apparire innanzi al pubblico senza

Digitized by Google

esser certo di saperlo interessare ad un argomento per sè stesso importante, mi costrinsero a mettere in disparte anche le poche note raccolte.

Ora tuttavia che fu aperta al pubblico servizio la piccola ferrovia da Torino a Rivoli, il primo esempio di ferrovia economica in Italia, non parmi di poter indugiare più a lungo a trasmetterle qualche linea intorno a queste imprese, con la speranza di non arrivar troppo tardi per risolvere più d' un dubbio connesso alle medesime.

Le piccole locomotive e le piccole vetture della nuova ferrovia basteranno esse a dimostrare rigorosamente che il nuovo sistema è perfettamente razionale, tanto per brevi tratti, quanto per reti complete; che tali ferrovie possono esser costrutte ed esercite con capitali ben più modesti di quelli richiesti dal sistema ordinario; che esse sono suscettibili non solo d'un traffico di viaggiatori, ma di merci anche ponderose; che la velocità dei convogli può esser almeno eguale a quella dei convogli ordinarii sulle grandi linee; che ferrovie costrutte sul nuovo sistema servirebbero potentemente ad aumentare il traffico delle grandi linee già esistenti, al rovescio delle così dette diramazioni, che generalmente succhiano il sangue delle linee principali, e che la necessità di trasbordare viaggiatori e merci ai punti di congiunzione con quest'ultime è più apparente che reale; e soprattutto poi che il nuovo sistema può permettere di dotar di ferrovie località che forse dovrebbero rinunziare per lungo tempo al nuovo sistema di locomozione, e senza che i contribuenti siano aggravati d'un soldo di sovvenzioni sotto qualunque forma?

Credo di no, specialmente nel nostro paese. Molti furono gli scritti in favore, ma moltissimi quelli che furono pubblicati contro qualunque sistema che si scostasse di un capello dall'ordinario.

Digitized by Google

Uomini eminenti combatterono come errori di calcolo e come illusioni le sperate economie di costruzione e di esercizio, esagerando al tempo stesso i difetti (che il nuovo sistema, come qualunque altro, possiede), per modo da scoraggiare gl'innovatori.

Altri non trovarono nulla di meglio per levare alle stelle il nuovo sistema di comunicazione, che di fare una pittura tanto desolante delle ferrovie esistenti, in confronto della perfezione delle piccole, che se la metà delle cose dette fosse vera, il miglior partito sarebbe di rifar le nostre linee sul sistema più modesto, che cerca di farsi strada.

Queste esagerazioni non servono certamente a dilucidar la questione, se pur non hanno il brutto merito d'imbrogliarla; e credo di poter aggiungere che gl'ingegneri, i quali combatterono più acerbamente le ferrovie economiche, non ebbero mai l'opportunità d'esaminarne minutamente una sola; quelli poi che non vorrebbero si parlasse d'altro che di piccole ferrovie, vollero spesso far credere d'averle inventate, e reclamerebbero forse una patente di benefattori dell'umanità, mentre gli uomini, che con previdenza e perseveranza, senza chiasso e senza pretese, crearono quà e là delle piccole ferrovie, come la ferrovia Festiniog e parecchie altre, lo studio delle quali basterebbe ad aprir gli occhi, a chiunque non abbia pregiudizi, in favore dei vantaggi delle ferrovie economiche, rimangono poco meno che sconosciuti.

Che io sappia, nulla o quasi nulla fu pubblicato in Italia sulle ferrovie a buon mercato, quantunque qualche assurdo sistema sia stato proposto, che, come tante innovazioni irrazionali, se mai fosse messo alla prova, non avrebbe altro risultato che di screditare le vere ferrovie economiche con grande pregiudizio del nostro paese, il quale potrà certamente ritrarre grande vantaggio da un si-

Digitized by Google

stema di rapida comunicazione più in rapporto colla scarsezza dei capitali e coi bisogni meno estesi, in confronto di altre nazioni più favorite.

Ho quindi fiducia che quel poco che saprò dire per mettere in chiaro i vantaggi delle piccole ferrovie in confronto di quelle già costrutte, non riesca affatto privo di interesse, quantunque non dubiti che molti altri meglio di me saprebbero trattare lo stesso argomento.

Londra, 1871.

O. Moreno.

Digitized by Google

L'Italia, sminuzzata in molti Stati, non possedeva prima del 1859 molto più di mille quattrocento chilometri di ferrovie, e quasi tutti nel Piemonte e nel Lombardo-Veneto.

Questa rete assai modesta acquistò, nel decennio che seguì l'unione politica delle diverse parti d'Italia, uno sviluppo tale, che ora la sua estensione supera i seimila chilometri, divisi fra quattro Amministrazioni principali.

Tutte le città di qualche importanza sono fra loro collegate, i servizi fra le diverse linee sono coordinati; in due punti la rete italiana è già unita alla rete germanica, per mezzo delle linee del Brennero e del Sömmering; in un punto è ora congiunta alla francese, per mezzo della grande galleria delle Alpi; e fra qualche mese la linea della Liguria incontrerà anche la linea di Marsiglia-Nizza.

L'Italia può quindi, per la rapidità dei trasporti, sostenere il confronto con altri paesi, tanto più se tiensi conto delle sue eccezionali condizioni politiche ed economiche, a cagione delle quali le ferrovie non furono costrutte senza enormi sacrifizi, cui non sempre corrisposero i risultati.

Digitized by Google

Il sistema adottato generalmente fu quello dei sussidii del Governo, al quale spesso si associarono Provincie e Comuni.

Di poca importanza sono le ferrovie costrutte senza sussidii, e pochissime sono poi quelle che vantano un introito sufficiente per pagare un modesto interesse sul capitale immobilizzato, se pur basta a coprire le spese di esercizio e di manutenzione.

Ragioni politiche soprattutto hanno consigliato il Governo italiano a promuovere la sollecita costruzione di molte ferrovie, le quali, considerate commercialmente, sarebbero ancora per molti anni una cattiva speculazione, poichè la ricchezza delle regioni attraversate non ha raggiunto uno sviluppo sufficiente.

Il sistema de' sussidii è certamente irrazionale, com'è irrazionale quello di *proteggere* un'industria qualunque; ma nel caso particolare dell'Italia, esso ebbe il merito grandissimo di render possibile l'impianto di una vasta rete di ferrovie, la quale ha potentemente contribuito a consolidare l'unificazione politica delle diverse provincie, ed a dotare il paese di un nuovo elemento di sicurezza, che gli mancherebbe se la locomotiva non potesse correre da un capo all'altro della penisola.

Certe ferrovie, infatti, sono tanto necessarie alla difesa del paese, quanto le fortezze e la flotta.

Giova tuttavia ripetere che pochissime tra le ferrovie vivono di vita propria.

Ma se lo studio delle miserie altrui potesse aiutarci a sopportar pazientemente le nostre, basterebbe gettare uno sguardo sulle condizioni finanziarie di moltissime tra le ferrovie costrutte in paesi incontestabilmente più ricchi del nostro, e dove da più lungo tempo fu introdotto il nuovo e celere modo di comunicazione, i quali inoltre soglionsi citare ad esempio.

Digitized by Google

La Francia, il Belgio, la ricchissima Inghilterra soprattutto, dove il Governo, lungi dallo spendere un soldo in sussidii, tassa invece le ferrovie, e dove le così dette *spese parlamentari* assorbono una parte non ispregevole del capitale, fornirebbero una lunga lista di ferrovie, le quali così poco risposero all' aspettazione degli azionisti, che, o andarono completamente in rovina, od accettar dovettero onerose condizioni per fondersi con altre, e poi, *viribus unitis*, invece di farsi una micidiale concorrenza, tentar di diminuire le spese ed aumentare i prodotti.

Risultati analoghi si verificarono in Italia.

Malgrado tanti disinganni, si chiedono dappertutto nuove ferrovie. Il Parlamento inglese deve pazientemente esaminare ogni anno centinaia di progetti. In Francia, dopo aver costituito le grandi Compagnie ferroviarie, si classificarono le linee secondo la loro importanza, e si è già giunti alla *terza rete*, mentre ogni settimana, quasi, vede sbucciare un nuovo progetto di ferrovia d'*interesse locale*, come sono colà chiamati certi tronchi destinati a collegare piccole città o Comuni alle linee già esistenti, giusta la legge del 12 luglio 1865, dalla quale è regolato il complicato sistema di sussidii a cui possono aver diritto i promotori di cosifatte linee. Il Belgio, che fra gli Stati continentali può vantarsi di possedere di gran lunga la più fitta rete, è ben lungi dal sostare, ed importanti linee sono in costruzione o concessse, le quali non mancheranno di fare una seria concorrenza perfino a quelle di proprietà nazionale.

Può forse credere l'Italia che, quando i tronchi attualmente in costruzione saranno compiuti, la sua rete di settemila cinquecento chilometri circa basterà a soddisfare i bisogni di tutto il paese?

Digitized by Google

Parrebbe di no; poichè succede in Italia come altrove: più si hanno ferrovie, e più se ne vogliono; e nella parte settentrionale, più ricca di ferrovie della meridionale, se ne costruiscono e se ne progettano continuamente delle nuove, le quali, se non godono sempre di sussidii governativi, riescono tuttavia ad impiantarsi con una certa economia relativa, grazie alle importanti somme che Provincie e Comuni loro accordano a fondo perduto.

Malgrado questo sistema, poco d'accordo colle massime d'economia, tanto pubblica, che privata, molti progetti hanno poca probabilità d'esser giammai attuati; e ben si sente che il sistema finora seguito è troppo oneroso, onde giammai permettere di far godere del benefizio d'una ferrovia molti punti, che, mentre presentano serie difficoltà topografiche, promettono troppo scarsi introiti.

I disinganni, che tennero dietro alle illusioni ne' primordii dell'introduzione delle ferrovie, e le spese di costruzione sempre crescenti a misura che si vuole far penetrare la locomotiva in paesi più accidentati (generalmente anche più poveri), hanno indotto uomini competenti ad analizzare, meglio che non si fosse mai fatto, gli *elementi* della spesa d'un chilometro di ferrovia, affine di restringerla semprepiù, e da qui l' idea delle *ferrovie economiche.*

Delle ferrovie economiche proposte, alcune non differiscono dalle altre che per la parsimonia in certe spese parziali; si adottano, ad esempio, rotaie e traverse più leggiere, i terrapieni e gli scavi sono più ristretti, le curve più rigide, le pendenze più forti, le opere d'arte ridotte allo stretto necessario ecc. ecc. Ma sono tali ferrovie realmente economiche?

Altre ferrovie sono *simili* alle ferrovie esistenti, ma di proporzioni più modeste, cosicchè tutti gli elementi della

Digitized by Google

spesa contribuiscono proporzionalmente all' economia; e queste sono le vere ferrovie economiche, le quali occorre studiare.

Per più facile intelligenza di quanto segue, giova premettere che, senza aver la pretensione di discutere il sistema de'sussidii anche quando ragioni politiche o strategiche non consigliano di far de'sacrifizi per una certa linea, le ferrovie sono considerate come soggetto d' industria privata, la quale deve trovare in sè stessa la vitalità necessaria per mantenersi e svilupparsi, per modo che solo il bisogno soddisfatto ponga un limite alla loro estensione.

Conviene perciò determinare le condizioni di vitalità di una ferrovia secondo il sistema più universalmente seguito.

Il binario di tutte le ferrovie esistenti in Italia, ossia la distanza fra le rotaie (misurata tra le faccie interne) è di m. 1.440.

La stessa larghezza fu adottata nell'Inghilterra (esclusa l'Irlanda, la rete del *Great Western*, e tre piccole ferrovie economiche), in Francia, nel Belgio (ad eccezione della ferrovia Anversa-Gand), in Germania, Austria ecc.

La larghezza del binario è però affatto arbitraria; così in Russia fu allargato a m. 1.523, la Spagna adottò metri 1.626, l'Irlanda m. 1.600, le Indie inglesi m. 1.670 per le linee finora costrutte, mentre per molte ferrovie secondarie in costruzione o progettate il binario fu ridotto a m. 0.991; nella Norvegia, al di fuori di due ferrovie della lunghezza complessiva di 180 chilometri circa, a metri 1.44; per tutte le altre linee, la larghezza del binario è di m. 1.066.

Nell'Inghilterra troviamo gli estremi opposti; mentre i 13|14 circa delle ferrovie sono costrutte col binario di m. 1.44, per la rete del *Great Western*, fu adottato lo

scartamento di m. 2.128 propugnato da Brunel, e la piccola ferrovia del Festiniog (che trasporta non solo merci, ma anche viaggiatori) è costrutta con un binario di metri 0.60, cioè 1/4 circa dell'enorme binario del *Great Western*.

Senza dilungarci intorno alla vivacissima discussione, che ebbe luogo, in sullo svilupparsi delle ferrovie in Inghilterra, fra i due eminenti ingegneri Brunel e Stephenson circa la più conveniente larghezza di binario da adottarsi, limitiamoci a constatare che la Società del *Great Western*, già costretta ad adottare per molte linee un binario misto, e per alcune il binario più ristretto, di m. 1.44, che Stephenson difese contro quello enorme favorito da Brunel, ha deciso sin dall'anno scorso di trasformare successivamente l'intiera rete, riducendone il binario alla larghezza uniforme di m. 1.44.

La distanza fra le rotaie, arbitraria come abbiamo detto, può considerarsi come l'unità di misura, od il modulo di tutte le parti d'una ferrovia. Infatti, una volta determinato questo modulo, la larghezza del corpo stradale, la luce delle gallerie e dei cavalcavia, la lunghezza, larghezza ed altezza stessa dei veicoli, e le dimensioni principali delle locomotive conservano certe relazioni col modulo, non rigorosissime a dir il vero, ma che variano di poco da ferrovia a ferrovia.

La larghezza del binario è quindi strettamente collegata col *costo di costruzione*, colle spese di *esercizio e di manutenzione*, ed in conseguenza col *profitto netto*, sul quale si può fare assegnamento; poichè una ferrovia di date dimensioni è capace d'un certo movimento *massimo* di viaggiatori e di merci, al di là del quale diventa insufficiente, ove la sua *capacità di trasporto* non sia aumentata, aggiungendo nuovi veicoli e nuove macchine, aggiungendo non solo un secondo, ma un terzo ed un quarto binario

Digitized by Google

come avviene per certe ferrovie in Inghilterra, sulle quali i treni, che attraversano certe stazioni importanti in un giorno, si contano a centinaia (1). Al tempo stesso, quando il *prodotto brutto* scende al disotto di un *minimo*, non solo il profitto netto può esser *zero*, ma se il prodotto brutto non basta a coprire le spese d' esercizio e di manutenzione e l'ammortizzazione del materiale, è evidente che la ferrovia farà dei debiti, come chiunque spenda più che non guadagni.

Sono questi limiti di massimo e di minimo, che occorre determinare almeno per approssimazione per conoscere quando una ferrovia abbia probabilità di sussistere di vita propria.

Essendo questo scritto limitato alle *ferrovie economiche*, destinate cioè a regioni di poco traffico, sprovviste attualmente di facili mezzi di comunicazione, supponiamo un *tronco* od una diramazione ad un solo binario di 30 chilometri di sviluppo, con stazioni di sei in sei chilometri, e che rimonti una vallata, costrutta sul sistema ordinario, come se ne trovano parecchie in Italia, per esempio le diramazioni di Pinerolo, Biella, Ivrea, Gozzano ecc., e come altre moltissime che potrebbero costruirsi per soddisfare il bisogno di molte regioni spesso puramente agricole; e domandiamoci a quale movimento massimo potrebbe bastare tale ferrovia, ben provvista di materiale mobile, con un personale intelligente, zelante e ben pagato.

(1) Sul *London and North Western Railway* (rete di 2400 chilometri), parecchie linee, già a tre, saranno presto a quattro binarii: in molte stazioni di biforcazione, come Crewe ecc., passano ogni 24 ore almeno 300 treni, ed ingegnosissimi sistemi di segnali sono indispensabili per evitare gli scontri. Il prodotto brutto salì nel 1869 a lire italiane 167,053,900, cioè 69,600 per chilometro.

Digitized by Google

Non è necessario esser del mestiere per comprendere che si potrebbero organizzare non solo sedici treni al giorno (escludendo persino un servizio notturno), ma un numero ben maggiore di treni, senza temere inconveniente alcuno.

Limitando tuttavia a sedici il numero dei convogli, dodici de' quali siano destinati al servizio dei viaggiatori e delle merci a grande velocità, e gli altri quattro alle merci ponderose o di poco valore a piccola velocità, esaminiamo la composizione dei treni e la natura dei prodotti.

Siano sei o sette vetture per ogni treno, e due vagoni a bagaglio e 100 viaggiatori in media, per modo che, se un viaggiatore discende ad una stazione, un altro prenda il suo posto: il numero dei viaggiatori-chilometro sarà alla fine dell'anno $100 \times 30 \times 12 \times 365 = 13,140,000$; e se si hanno in media 5 tonnellate fra bagagli e merci a grande velocità, il numero delle tonnellate-chilometro sarà nel tempo stesso $5 \times 30 \times 12 \times 365 = 657,000$.

Se ogni convoglio merci è composto di 25 vagoni appena, con un carico medio di 6 tonnellate per vagone (il carico massimo è generalmente di 10 tonnellate), il movimento a piccola velocità sarebbe in un anno d'esercizio: $6 \times 25 \times 4 \times 30 \times 365 = 6,570,000$ tonn. chil.

È appena necessario d'osservare che, pur ammettendo pendenze di 10 millimetri, le locomotive attuali trascinerebbero con più che discreta velocità convogli di 10 o 12 vetture, o convogli merci di 350 tonnellate, peso brutto; e perciò le cifre supposte rappresentano un movimento largamente al disotto del limite del possibile, e l'esempio scelto è tutt'affatto pratico, quantunque non concordi coi risultati d'alcuna linea in Italia.

Ammettendo per i viaggiatori le seguenti tariffe abbastanza moderate, esclusa ogni imposta:

Digitized by Google

1ª classe, 8 cent. per chilometro; 2ª classe, 6 cent.; 3ª classe, 4 cent.; ed ammettendo che i numeri dei viaggiatori delle tre classi stiano fra loro come: 1 : 6 : 10, il prodotto medio sarebbe $\frac{8 + 36 + 40}{17} = \frac{84}{17}$, ossia con grande approssimazione 5 centesimi per viaggiatore, cioè alquanto meno del prodotto medio che si verifica sulle ferrovie italiane.

Ammetteremo per il bagaglio e le merci a grande velocità una tariffa media di 25 centesimi per tonnellata-chilometro, compresi i diritti fissi (tariffa inferiore a quelle in vigore), e per le merci a piccola velocità 9 centesimi. I prodotti annui sarebbero i seguenti:

	Prodotto totale	Pr. per 0/0
Viaggiatori	L. 657,000	46,51
Bagaglio e merci a grande velocità	» 164,250	11,63
Merci a piccola velocità	» 591,300	41,86
Prodotto totale	L. 1,412,550	100,00

e per chilometro di ferrovia L. 47,000 in cifra rotonda.

Si può quindi ammettere che, malgrado le moderate tariffe supposte, una diramazione di 30 chilometri attraverso un paese abbastanza popolato ed industrioso, potrebbe, con un numero assai limitato di treni, guadagnare da 47 a 50,000 lire per chilometro, senza che sia necessario sostenere la spesa d'un secondo binario, o fare un servizio notturno col sussidio del telegrafo e d'altri sistemi di comunicazione non ancora introdotti sulle ferrovie italiane, con un buon materiale, stazioni spaziose, un personale intelligente ed attivo; pur supponendo che il numero dei posti offerti sia almeno doppio di quelli occupati, ed il

carico medio dei vagoni non oltrepassi guari la metà della capacità loro per tener conto dei ritorni a vuoto.

Ritenendo che le spese d' esercizio (le quali diminuiscono in progressione decrescente coll' aumento del traffico) e compresa l'ammortizzazione del materiale, salgano in media al 42 0|0, il prodotto netto chilometrico oscillerebbe fra 27 e 29,000 lire, e basterebbe a pagare 10,80 a 11,60 0|0 d'interesse sopra un capitale di 250,000 lire per chilometro.

Noi abbiamo in Italia l'esempio di molte linee, che non costarono meno di lire 275,000 per chilometro di binario semplice, compreso il materiale mobile; ma pur troppo una sola, quella da Torino a Genova a doppio binario, la migliore fra tutte, gode appena d'un prodotto lordo di circa 55,000 a 60,000 lire, mentre le spese d'esercizio salgono al 41 0|0 circa.

Ma, più che il movimento massimo cui una linea ad un solo binario potrebbe sopperire, ed il più grande prodotto da sperarsi, c' interessa conoscere il prodotto *minimo*, necessario a coprire le spese d'esercizio, di manutenzione e d'ammortizzazione, ridotte al limite più basso, conciliabile colla sicurezza de' viaggiatori e del personale, e con un'economia reale, ma non fallace.

Questo limite inferiore di prodotto è indicato con molta precisione dall'esperienza.

In mancanza di documenti particolareggiati intorno alle diramazioni della rete italiana, saranno da noi citate ferrovie estere, senza che tali esempi siano meno concludenti, se applicati al nostro paese.

Inoltre all'estero, più che in Italia, l' attenzione fu da lungo tempo rivolta alle linee di poco traffico.

In Francia godettero di qualche celebrità sei linee nell'Alsazia e nel paese de' Vosgi, esercite dalla Società del-

l'Est, prima che gli avvenimenti politici dell'anno scorso la forzassero a cedere alla Germania una parte della sua rete, comprese le linee in discorso.

Le dette sei linee sono:

Strasburgo a Barr, Mutzig e Wasselonne	49	Chil.
Haguenan a Niederbron	20	»
Schlestadt a Sainte-Marie-aux-Mines .	21	»
Luneville a Saint-Dié	50	»
Epinal a Remiremont	24	»
Dieuze a Avricourt	22	»

Gli elementi delle spese sono estratti da un'opera del sig. Jacqmin, Direttore dell'esercizio delle ferrovie dell'Est (1), la persona, cioè, la più competente per fornire i dati necessarii al nostro scopo.

Gl' ingegneri, incaricati di studiare il tracciato di queste linee, pubblicarono delle memorie, che saranno citate in seguito parlando della costruzione.

Le spese d'esercizio per chilometro nell'anno 1865, comprendendo nelle medesime un'annuità calcolata all'8 per 100 del capitale d'acquisto per la rinnovazione e l'ammortizzazione del materiale mobile, ed un' annuità calcolata a 25 centesimi per chilometro percorso per la rinnovazione e le riparazioni dell'armamento e del materiale fisso, degli edifizi ecc., sono riunite nel seguente quadro:

Natura delle spese	Strasburgo a Barr, Mutzig, Wasselonne 49 Ch.	Haguenan a Niederbron 20 Ch.	Schlestadt a St. Marie aux-Mines 21 Ch.	Luneville a Saint-Dié 50 Ch.	Epinal a Remiremont 24 Ch.	Avricourt a Dieuze 22 Ch.
Esercizio . . . . L.	2933.75	2804.33	2110.00	2166.30	2480.84	1860.02
Trazione e materiale mobile	2894.00	2425.00	2200.00	3315.00	2371.00	2199.00
Manutenzione e sorveglianza	1153.06	1180.00	1423.78	1396.45	1530.05	1515.90
Totale L.	6980.81	6409.33	5733.78	6877.75	6381.89	5574.92
Annuità per rinnovazione ed ammortizzazione del materiale mobile	1378.00	1330.00	1068.00	1316.00	982.00	1139.00
Annuità per rinnovazione del materiale fisso	710.00	630.00	550.00	920.00	730.00	560.00
Totale generale L.	9068.81	8369.33	7351.78	9113.75	8093.89	7273.92

(1) *De l'exploitation des Chemins de fer;* Paris, 1868.

Digitized by Google

Il sig. Jacqmin somministra, in una serie di quadri assai interessanti, le suddivisioni di cadaun capitolo di spesa; essi tuttavia non vengono qui riprodotti, essendo sufficiente per il nostro scopo di conoscere la spesa totale d'esercizio per chilometro di diverse linee con movimento limitato.

Egli osserva pure che i risultati dell'esercizio 1866 concordano con grande approssimazione con quelli dell'esercizio precedente, e che, se le linee citate si supponessero staccate dalla rete principale, molte delle spese d'amministrazione e di riparazione sarebbero aumentate a scapito delle diramazioni.

E conchiude dicendo che, senza preoccuparsi del rinnovamento del materiale fisso e mobile, senza contare le spese generali d'amministrazione, e supposto che il servizio alla stazione di distacco sia gratuito, una grande Società ferroviaria non può esercire diramazioni come quelle citate, a meno di 5600 a 7000 lire per chilometro.

Accettando una media di lire 6500, egli la ripartisce nel modo seguente:

Esercizio propriamente detto . . .	L. 2,500
Trazione materiale mobile . . .	» 2,600
Manutenzione della strada e sorveglianza .	» 1,400
Totale	L. 6,500

Aggiungendo L. 2000 per le annuità relative alle riparazioni, al rinnovamento ed all'ammortizzazione del materiale (esclusa la spesa d'acquisto), il sig. Jacqmin trova che una Società ferroviaria, col solo obbligo di fornire il materiale mobile, non saprebbe esercire una diramazione a meno di lire 8500 per chilometro all'anno.

Il sig. Jacqmin non crede tuttavia che le ferrovie secondarie siano impraticabili, e non possano dare un interesse sul capitale impiegato, a condizione che, invece di

fondersi colle grandi linee, esse abbiano una piccola Amministrazione distinta; e ciò per la ragione che la medesima non sarà costretta a certi servizi gratuiti, come quello della posta, dei trasporti militari a prezzo ridotto; mentre il pubblico sarebbe meno esigente, il numero dei treni può essere ridotto, il telegrafo ed i segnali soppressi, ed il servizio fatto a spola con una sola macchina *(exploitation en navette)*; le stazioni consisterebbero in un casotto, la distribuzione dei biglietti si farebbe dal conduttore, o da un impiegato che si recherebbe alla stazione quando il convoglio sta per passare; e per coronare l'opera, si potrebbero mantenere delle tariffe elevate.

Facendo insomma un servizio pessimo ed a prezzo elevato, si potrebbe sperare di diminuire le spese ed aumentare i prodotti.

Quand'anche il risultato fosse certo, la prospettiva non è lusinghiera.

Alcune ferrovie scozzesi, costrutte ed esercite con tutta la parsimonia possibile, hanno anche acquistato alquanta celebrità; sicchè conviene citar i risultati di due almeno di esse, ricavati da una relazione molto interessante sulle ferrovie inglesi in generale, fatta da parecchi uomini eminenti, incaricati dal Governo francese nel 1863 di tale studio, ed inserta fra i documenti dell'Inchiesta sulla costruzione e sull'esercizio delle ferrovie ordinata dal Governo medesimo (1).

I signori Lan e Bergeron furono specialmente incaricati di riferire intorno a queste linee.

Le due ferrovie sono rispettivamente denominate, una *Leven and East of Fife*, e l'altra *Ferrovia di Peebles*.

(1) *Enquête sur la Construction et l'Exploitation des Chemins de fer;* Paris, 1863.

Digitized by Google

La prima ha uno sviluppo di 20,9 chilometri, l' altra di 30.

Il quadro seguente riunisce le spese d' esercizio e per chilometro delle due linee per l'anno 1860:

Natura delle spese	Leven and East of Fife 20,9 Chil.	Peebles 30 Chil.
Spese d'esercizio . . . . L.ª	2186.95	1227.50
Trazione e materiale mobile	2133.30	2187.50
Manutenzione e sorveglianza	1711.25	903.35
Amministrazione . . .	465.50	561.65
Totale L.	5497.00	4880.00

Dai capitoli di spese, di cui tien conto il sig. Lan, fu soppresso quello delle imposte, che non possono considerarsi come un obbligo inevitabile d' una Società ferroviaria.

Dal quadro precedente (che non inchiude le spese di rinnovamento del materiale fisso e mobile) parrebbe potersi conchiudere che le spese d'esercizio di queste due ferrovie erano assai moderate, soprattutto per la seconda.

Il sig. Lan aggiunge molte preziose spiegazioni intorno alle condizioni di queste ferrovie, al loro Consiglio d'amministrazione, al personale tecnico, al traffico, alla formazione del capitale, alla costruzione ecc.; e fa notare specialmente parlando della ferrovia di Peebles, apparentemente in condizioni più floride, come invece fin dal 1859, cioè dopo appena tre anni di esercizio, i suoi amministratori (tutti interessati nello sviluppo della medesima), colpiti dalla difficoltà crescente di sostenere le spese di rinnovamento col solo fondo di riserva, che non poteva

Digitized by Google

quindi aumentare per far fronte all'acquisto di nuovo materiale, non trovarono nulla di meglio, malgrado lo sviluppo del traffico, il quale nel 1860 diede circa 1000 lire per chilometro, di accettare le ragionevoli proposte del *North British Railway*, e di cedergli l'esercizio della linea in ragione del 50 0[0 del prodotto lordo.

E tuttavia le spese d'amministrazione erano ben modeste, poichè non salivano che a lire 7500 annue, e tutte le altre erano in proporzione.

I Consigli d'amministrazione di queste ferrovie, formati tutti di persone del paese, altamente interessate al benessere dell'impresa, il personale ridotto veramente ai minimi termini, le tasse piuttosto elevate, sono le condizioni che, secondo il sig. Jacqmin, possono assicurare alle medesime un modesto successo; malgrado ciò, la Società della ferrovia di Peebles si stimò fortunata di rinunziare alla sua indipendenza, dopo pochi anni di prova.

L'altra ferrovia scozzese, denominata *Leven and East of Fife*, più fortunata, potè essere prolungata fino al piccolo porto di Anstruther, col concorso dei possidenti e degli industriali più direttamente interessati; la sua lunghezza ha raggiunto i 32 chilometri, e le spese d'esercizio per chilometro, dal 1° febbraio 1869 al 31 gennaio 1870, furono le seguenti, come si ricava dalla statistica generale delle ferrovie inglesi:

Spese d'esercizio . . .	L. 2365.65
Manutenzione della strada . .	» 1494.50
Trazione e materiale mobile .	» 1446.10
Amministrazione . . .	» 510.95
Totale	L. 5817.20

In questa cifra non sono comprese le tasse.

Il prodotto chilometrico per lo stesso esercizio salì a lire 13,064.80; cosicchè il rapporto delle spese d'eser-

cizio coll'introito lordo fu del 44 0|0, mentre per l'esercizio del 1860 tale rapporto era di 55 0|0, quando la linea era più breve.

Questo risultato fa l'elogio dell'Amministrazione economica della piccola ferrovia; notiamo però che, mentre il carbone è a buon mercato nella Scozia, è invece molto più caro nell'Alsazia, e carissimo in Italia.

Il capitale della linea di Leven and East of Fife, come apparisce dal resoconto ufficiale, è di lire 120,000 circa per chilometro.

Nelle cifre suindicate non è compresa la quota del fondo di riserva per la rinnovazione generale del materiale fisso e mobile, che il sig. Jacqmin determina in lire 2000 per chilometro per le ferrovie dell'Alsazia.

Si potrebbero citare molte altre linee, le quali non diedero risultati molto diversi; ma dagli esempi addotti si può scorgere che i limiti stabiliti dal sig. Jacqmin per le spese d'esercizio per diramazioni da 20 a 30 chilometri di sviluppo, sono assai moderati.

Dai risultati dell'esercizio per l'anno 1868 risulterebbe che i tronchi seguenti, compresi nella rete dell'Alta Italia, necessitarono una spesa chilometrica d'esercizio di 5000 a 8500 lire:

Mortara-Vigevano . .	6500
Treviglio-Cremona . .	5100
Chivasso-Ivrea . . .	6400
Verona-Mantova . . .	7600
Gallarate-Varese . .	6000
Bergamo-Leceo . . .	6200
Acqui-Alessandria . .	6700
Cavallermaggiore-Alessandria	8300
Santhià-Biella . . .	6500
Torino-Pinerolo . . .	6500

cioè in media circa 6600 lire.

Queste nuove cifre dimostrano che la spesa minima di esercizio fissata dal sig. Jacqmin a lire 6500 per chilometro conviene anche alle diramazioni in Italia, ed anzi è forse da accrescersi alquanto.

Ammesso finalmente che, compreso il fondo di riserva per la rinnovazione generale delle rotaie, delle locomotive, delle vetture, e per riparare ai guasti straordinarii cagionati da pioggie ecc., si richieda una somma minima di lire 8500 annue per chilometro, esaminiamo quale movimento di viaggiatori e di merci corrisponda a tale somma, conservando le stesse proporzioni fra i diversi cespiti di entrata e le stesse tariffe sulle quali fu stabilito il prodotto massimo fittizio d'una ferrovia ad un solo binario. Rifacendo il calcolo, si ottiene:

Viaggiatori	L.	3953.35	46.51 p. 0[0
Bagagli e merci a G. V.	»	988.55	11.63 »
Merci a P. V. . . .	»	3558 10	41.86 »
Totale	L.	8500.00	100.00;

e colle tariffe supposte, i numeri delle unità-chilometro sarebbero per una diramazione di 30 chilometri di sviluppo e per un anno d'esercizio:

Viaggiatori-chilometro . .	2.372.000
Merci a G. V. tonn. chilom. .	118.626
Id. a P. V. id. .	1.186.200

Se il percorso medio dei viaggiatori e di una tonnellata di bagaglio o di merce a grande velocità è di 10 chilometri, ed il percorso medio d'una tonnellata di merci a piccola velocità è di 20 chilometri, i numeri assoluti delle unità saranno rispettivamente:

		1.a cl.	2.a cl.	3.a cl.
Viaggiatori	237200	13953:	83718:	139530
Merci a G. V. Tonn.	11863			
Id. a P. V. id.	59311			

e per giorno d'esercizio:

		1.a cl.	2.a cl.	3.a cl.
Viaggiatori	650	38	229	382
Merci a G. V. Tonn.	32,5			
Id. a P. V. id.	162,5			

Due treni per viaggiatori ed uno per merci al giorno nei due sensi sarebbero ampiamente sufficienti per un movimento così limitato.

Infatti, ogni treno-viaggiatori dovrebbe trasportare al massimo da 50 a 60 viaggiatori per volta, con tutto al più 3000 chilogrammi di bagaglio e merci a g. v.; mentre un treno di 8 a 10 vagoni trasporterebbe facilmente le merci nella direzione secondo cui il traffico è più considerevole.

Anzi, un servizio misto di due convogli al giorno in ciascun senso così composti:

3 o 4 vetture-viaggiatori
1 » bagaglio
5 o 6 vagoni merci,

in tutto undici veicoli per convoglio, risponderebbe assai bene al bisogno, supponendo che il numero de' treni non abbia alcuna influenza sullo sviluppo del movimento dei viaggiatori soprattutto; ed è appunto quanto si fa su molte linee.

E tuttavia la possibilità di poter partire il mattino da casa per recarsi a pochi chilometri di distanza e ritornarsene alla sera, e non prima, non costituisce un grande miglioramento in confronto di un buon servizio di vetture pubbliche; tanto più che sulle diramazioni la velocità dei convogli è molto limitata, e le stazioni essendo lontane dall'abitato, bisogna ancora tener conto dei due percorsi a piedi od in vettura per arrivare alla stazione od al luogo di destinazione.

Non molti certamente vorrebbero sostenere che poco importa quante volte al giorno si possa andare e venire per sbrigare i propri affari o per diletto: sarebbe voler sostenere un'opinione troppo contraria al progresso. Per qual motivo il numero dei viaggiatori s'è straordinariamente accresciuto, dacchè s'introdussero le ferrovie, se la maggior *facilità* rispetto al tempo, alla spesa, senza parlar del confortevole, non avesse fatto nascere *un bisogno* di viaggiare che non esisteva prima, e che cesserebbe domani se le ferrovie sparissero?

Per qual ragione, mentre in Inghilterra si contano più di 300 milioni di viaggiatori ogni anno, cioè, in media, 10 viaggi per ogni abitante (compresa l'Irlanda e la Scozia), in Italia il numero de' viaggiatori non arriva neppure a 20 milioni, cioè a meno di un viaggio per ogni abitante, sicchè il nostro paese è di molto al disotto dell'Irlanda stessa, che pur si crede il paese proverbiale della miseria, ma dove invece, con una popolazione inferiore ai sei milioni, il numero dei viaggiatori supera annualmente i tredici milioni, cioè più di due viaggi per abitante?

Da una parte si può rispondere che per ora lo sviluppo della rete ferroviaria italiana è al disotto perfino di quella irlandese, poichè, mentre in Italia s'ha un chilometro di ferrovia per ogni 400 abitanti all' incirca, l' Irlanda possiede un chilometro di ferrovia per ogni 200 abitanti al più.

Ma dall'altra parte bisogna riconoscere che il servizio è migliore in Irlanda che in Italia, poichè nel nostro paese per ogni chilometro di ferrovia i treni-viaggiatori (compresi i misti) percorrono annualmente 2500 chilometri al più, mentre in Irlanda il percorso dei treni-viaggiatori sale a 3000 per chilometro di ferrovia; e tale proporzione è ancor più sfavorevole al nostro paese, ove si ponga

mente che in Irlanda il servizio ferroviario è molto limitato nei giorni festivi.

Altre ragioni concorrono certamente ad aumentare il movimento dei viaggiatori, oltre un maggior numero di treni posti a loro disposizione; ad ogni modo, non è fuor di luogo il confronto, affine di comprendere l'importanza delle facilitazioni di viaggiare offerte al pubblico sullo sviluppo del movimento.

Il confronto riuscirebbe ancora più concludente, se si stabilisse colle ferrovie dell'Inghilterra propriamente detta; siccome però le altre cause del gran movimento dei viaggiatori, oltre al numero di treni giornalieri, sono ancora più salienti, come l'immensa quantità d'affari, e l'opulenza non eccezionale, ma generale, così tale confronto potrebbe parere inesatto (*).

Tuttavia a questi esempi si suol rispondere che i treni pesanti recano maggior profitto dei leggieri, che la spesa per treno-chilometro discende di poco, se il numero dei treni aumenta (se pur si ammette che la spesa possa discendere); e che in definitiva non può convenire di stabilir più treni, oltre quelli strettamente necessarii.

Avvi certamente un fondo di vero in tutte queste obbiezioni, poichè, aumentando il numero dei convogli, quando anche la spesa per treno-chilometro diminuisca alquanto (le spese fisse ripartendosi sopra un maggior percorso), la spesa totale aumenta ad ogni modo; e resta a vedersi, secondo i casi, se l'aumento del numero dei viaggiatori

(*) Alcune ferrovie interne e suburbane di Londra tengono cadauna più di trecento convogli al giorno per il servizio dei viaggiatori, dalle sei del mattino sino dopo la mezzanotte. La ferrovia sotterranea (*Metropolitan Railway*) trasporta più di centomila viaggiatori ogni giorno, e perciò in un anno trasporta quasi il doppio dei viaggiatori di tutte le ferrovie d'Italia.

(ammesso, come vuole il buon senso e l'esperienza, che tale aumento abbia luogo) sia tale da più che compensare la maggiore spesa giornaliera.

Affine di non allontanarci dall'oggetto principale di questa ricerca, notiamo solo che, esclusa l'ipotesi della vicinanza di una popolazione densissima, che può fornire una corrente continua di viaggiatori, nel qual caso non può esser questione di ferrovie economiche; là dove la popolazione è scarsa, e mancano quegli incentivi al viaggiare, che esistono intorno ai grandi centri, un buon mezzo di attirare il massimo movimento sopra una ferrovia sarà appunto quello di ridurre le spese di un treno-chilometro a tal limite, che un piccol numero di viaggiatori basti a coprirle. Il numero dei convogli può allora accrescersi per modo, che la ferrovia offra in realtà il mezzo più rapido di comunicazione fra due località consecutive, in confronto almeno col più semplice mezzo di trasporto, che è il cavallo di S. Francesco, poichè è senza dubbio assurdo il supporre che il campagnuolo aspetti sempre il convoglio dal mattino alla sera per tornarsene a casa, anzichè fare una passeggiata d'un paio d'ore.

E questa considerazione ci riconduce ancora una volta alle spese d'esercizio, ed alle ferrovie non solo economicamente costrutte, ma economicamente esercite.

Le cifre trovate, e che indicano il minimo numero di viaggiatori, e la minima quantità di merci necessaria per coprire le spese d'esercizio, ed il risultato di moltissime linee, dimostrano all'evidenza che le Amministrazioni debbono più spesso proporsi il modo di render la perdita minima, anzichè il prodotto massimo, perchè le proporzioni delle ferrovie sono tali da bastare non solo al movimento attuale, ma a quello che si può soltanto sperare fra moltissimi anni.

Digitized by Google

È precisamente il caso di chi, volendo farsi mercante e aprir bottega in un paesetto, impiantasse un magazzeno come se ne vedono a Torino o a Milano, perchè forse fra trenta o quarant'anni, il paesetto sarà diventato una città. Quel mercante fallirà senza dubbio, perchè non riuscirà neppure ad ottenere un sussidio colla scusa che la sua bottega è d'utilità pubblica; mentre il vicino, con un capitale molto più modesto, contentandosi d'una botteguccia sufficiente ai bisogni del paesetto, poco per volta l'ingrandisce, a misura che, crescendo i bisogni, crescono pure i mezzi.

Questa è la strada che tutte le industrie, come il commercio, debbono seguire, se vogliono non solo vegetare, ma vivere e crescere; e l'industria delle ferrovie non è certamente un'eccezione alla regola. —

Fu dimostrato che, se una ferrovia ad un solo binario, delle dimensioni ordinarie, può facilmente bastare ad un traffico di cinquantamila lire per chilometro, le spese del solo esercizio non si possono in nessuna circostanza far discendere a meno di lire ottomila cinquecento circa per chilometro; e questo limite inferiore corrisponde generalmente ad un servizio tanto incompleto, che si rinunzia volontariamente ad una frazione d'introito, perchè si teme (e spesso il timore è giustificato dall'esperienza) che l'aumento delle spese d' esercizio sarebbe superiore all'aumento del traffico. E ciò può esser vero al punto, che convenga sospendere il servizio e liquidare, cioè vendere il materiale per pagare i debiti.

Nell'Inghilterra si dovette accettare un tale partito in alcuni casi.

Siccome però le ferrovie non si trovano belle e fatte, fornite del loro materiale fisso e mobile, sicchè non si abbia altro che a coprire i muri di cartelloni per avver-

Digitized by Google

tire il pubblico del giorno e dell'ora in cui comincierà il servizio, così bisogna pur sapere quanto costa una ferrovia, compreso non solo il corpo stradale, le opere d'arte, le stazioni, il materiale fisso, le rimesse ove occorrono, ma anche un numero proporzionato di locomotive e di veicoli, cioè il materiale mobile.

Il nostro còmpito riesce ora più difficile, poichè entriamo in quel campo in cui si crede che le cifre s'adattino a dire tutto quello che si vuole, mentre è appunto dal confronto tra cifra e cifra che si riesce a conchiudere in favore di un sistema di ferrovia o di un altro.

Il costo d'una ferrovia, come si può facilmente comprendere, può variare per un'infinità di ragioni buone o cattive, secondo la località percorsa, le difficoltà naturali del suolo, i limiti di curva e di pendenza prescritti, la grandiosità di certe opere, il modo preferito di sciogliere certe difficoltà impreviste, quando s'ha a contendere, per esempio, con acque sotterranee o sabbie moventi, ecc.

L'esperienza dell'ingegnere, che studia il progetto e ne sorveglia l'esecuzione, la capacità dell' impresario, l'inclemenza delle stagioni influiscono molto sul costo definitivo; il quale talvolta supera considerevolmente la cifra prevista, unicamente perchè per un imprudente desiderio di diminuirlo, spesso pur troppo a cagione d'un'imperfettissima conoscenza del terreno, le opere di consolidamento sono trascurate; ed allora bisogna con immensi sacrifizi, e senza interrompere l' esercizio della linea, rifar ponti e gallerie, assodare le scarpe degli sterri e de' rilevati (soprattutto nelle regioni montuose), aggrandire i fossi di scolo, difendere il corpo stradale contro un torrente che forse lo tocca appena ogni dieci anni, o contro il mare, con muri di sostegno di dimensioni prodigiose, e che pur sono rovesciati colla medesima facilità con cui

un fanciullo fa cadere il suo giuocatolo; e non è raro il caso che, stanchi di lottare colle forze naturali e di gettar denari in un vero pozzo senza fondo, si cede, e si rifà la ferrovia in situazione più propizia.

Queste cose sonosi avverate dappertutto, e pur troppo anche in Italia, che non possiede abbondanza di capitali, e deve invece pagar un interesse elevatissimo per procurarsene.

Non tenendo conto della disonestà, che sfortunatamente, sotto nome di *speculazione*, aggrava, a benefizio di alcuni mestatori, il costo di tante imprese di utilità pubblica, il prezzo d'una ferrovia è spessissimo artificialmente reso più elevato dal modo stesso di raccogliere i capitali necessarii, poichè molte Società non esitano (e forse non saprebbero fare altrimenti) a contrattare con grandi Imprese, stipulando che una grossa parte del prezzo sarà pagata in *azioni* od *obbligazioni*, cioè in carta pura e semplice.

Non è probabile che siano numerosi quelli che non veggano subito che l' impresario convertito in banchiere (quando non è di fatto puramente un banchiere, invece di essere un impresario) fa una vera speculazione, che può finir bene e può finir male, e perciò deve serbarsi un largo *margine*, firmando il contratto; cosicchè, se rende bene la sua *carta* (chè tali sono azioni ed obbligazioni che non corrispondono ad una somma versata), guadagna milioni; se invece è costretto a tenerla nel suo *portafoglio*, ciò che in vernacolo vuol dire che non trova da venderla ad un prezzo ragionevole, va in rovina.

Intanto, siccome nè operai, nè fornitori possono esser pagati con carta, l'impresario deve procurarsi in qualche modo quel denaro, che, nel corso naturale dell'operazione, la Società ferroviaria dovrebbe sborsargli per rate, a misura che il lavoro avanza.

Digitized by Google

Che l'impresario possegga i capitali egli stesso, o che banchieri anticipino le somme necessarie, egli deve tener conto d'un interesse più o meno elevato, oltre all' *aleatoria*, cioè all'incertezza di poter rimborsarsi, ad epoche determinate, di tutte le anticipazioni; e tale incertezza si paga ben più caramente che l'interesse legittimo del denaro, determinato unicamente dall'abbondanza o scarsezza di capitali disponibili.

Lasciando tuttavia in disparte queste ultime considerazioni, il costo chilometrico d'una ferrovia, studiata con intelligenza, costrutta in condizioni favorevoli (cioè senza nessun accidente, che necessiti gravi spese impreviste) e con economia ben intesa, varia fra limiti assai discosti uno dall'altro: si possono citar ferrovie ad un solo binario che costarono più di quattrocentomila lire, ed altre che si pagarono da ottanta a novantamila lire per chilometro.

Ognuno è tentato naturalmente a cercare argomenti a sostegno del suo tema favorito; e che sia così anche in fatto di ferrovie, può accertarsene chiunque abbia la pazienza di leggere tutte le pubblicazioni in favore o contro le ferrovie a *buonmercato*, come si chiamano in Francia, o le *ferrovie leggiere*, come si chiamano spesso in Inghilterra.

Affine di non cadere in nessun eccesso, egualmente sfavorevole (per la ragione che gli estremi si toccano) allo studio intrapreso, ci sia lecito di citare alcune di tali pubblicazioni.

Il sig. Ruelle, ingegnere de' ponti e strade al servizio del Governo francese, in un opuscoletto sulle ferrovie economiche (*), si propone di difendere il Corpo degli ingegneri, al quale appartiene, dall'accusa di stravaganza e di grandiosità ne' progetti d'opere pubbliche, e di mostrare per via d'esempi quanto s'ingannino coloro che credono

(*) *Note relative aux chemins de fer à bon marché et d'intérêt local* — Paris, 1868.

potersi le ferrovie d'interesse locale (con binario di 1m,440) costruire ad un prezzo molto inferiore a quello pagato per le grandi linee; e dà molti buoni consigli contro il pericolo di cadere nelle mani di rapaci impresari, che fanno una ferrovia posticcia per il giorno della collaudazione, e si ritirano poi con un grosso benefizio, poco curandosi delle spese di consolidamento a carico delle Amministrazioni.

Il sig. Ruelle è partigiano del sistema delle sovvenzioni, e loda la legge, già citata, del 12 luglio 1865, che stabilisce in quale misura i Comuni, i Dipartimenti e per ultimo il Governo debbano partecipare nelle spese di costruzione delle ferrovie d'interesse puramente locale. Egli però deplora, e certo con ragione, che il pubblico denaro sia sprecato in imprese che non possono corrispondere all'aspettativa, appoggiandosi a numerosi esempi.

Egli descrive sommariamente venti linee, tutte costrutte in località piuttosto accidentate, e che, se non sono affatto d'interesse locale rispetto alla loro destinazione, sono tali però rispetto alla ristrettezza del movimento.

Queste linee sono divise in quattro gruppi, e gli elementi della spesa per chilometro, ricavati da documenti officiali, sono raccolti in appositi quadri.

La descrizione di queste ferrovie non potrebbe interessare molto il lettore in Italia; cosicchè, come termine di confronto, sono qui sotto riprodotte le medie soltanto della spesa per i diversi gruppi:

Spese di studio e personale	Terreni	Movimenti di terra	Opere d'arte	Strada e materiale fisso	Stazioni e Casotti di guardia	Spese generali ed interessi durante la costruzione	Totali
8552	31437	70637	58709	56644	28033	22870	276982
8301	20110	56846	29931	55431	29984	18054	218657
10558	20791	40339	22935	45314	16035	12478	168450
6000	19900	23000	4100	28300	16900	7856	106056

Digitized by Google

Sopra queste linee le pendenze non sono esagerate, generalmente da 10 a 12 millesimi, in un solo caso di 20 millesimi. Il raggio delle curve non è mai inferiore a 300 metri, ed anzi discende poche volte a questa cifra.

Queste strade non possono quindi considerarsi come vere ferrovie di montagna, per le quali si è forzati ad ammettere l'estremo limite di pendenza e di curvatura, ma di poco se ne scostano.

Il quadro seguente, compilato coi dati forniti dal signor Ruelle, indica la larghezza media della zona di terreno occupata, il cubo medio dei movimenti di terra, e della ghiaia per metro lineare di ferrovia, per ogni gruppo, comprese le stazioni; ed il numero di opere d' arte per chilometro, ad esclusione de' grandi ponti e delle gallerie, e dei passaggi a livello con casotto:

Lunghezza media della zona occupata	Cubo dei movimenti di terra per metro lineare	Cubo della ghiaia per metro lineare	Numero delle opere d'arte per chilometro
31.85	27.41	2.48	2.05
29.34	25.20	2.49	2.19
30.23	21.10	2.24	2.00
18.90	?	?	4.

Le cifre della linea inferiore nei due quadri (quarto gruppo) si riferiscono esclusivamente alla ferrovia da Strasburgo a Barr, Wasselonne a Mutzig, di cui si è già tenuto parola a proposito delle spese d'esercizio.

Dall'esame del primo quadro risulterebbe che una ferrovia ad un solo binario, costrutta in un paese piuttosto agricolo che industriale, e lontano dai centri popolosi, che influiscono sensibilmente sul prezzo dei terreni, può costare da centosei a duecento settantasettemila lire per

chilometro, non compreso il materiale mobile, secondochè le difficoltà del tracciato sono più o meno considevoli.

Fra le linee del primo gruppo, che ha dato per media del costo di costruzione centosettantasettemila lire per chilometro, la più cara non richiese meno di trecento ventimila lire per chilometro.

I lavori d'arte sono sopra alcune linee assai considerevoli; i viadotti soprattutto, in muratura od in ferro, sono numerosi.

Ma queste fonti di spesa non diminuiscono certamente il valore delle medie dedotte, anzi debbono servire per provare l'impossibilità di limitare il costo delle ferrovie in paesi accidentati.

Le spese generali d'amministrazione sono valutate a 1 per 0|0 della spesa totale, e l'interesse del denaro, durante il periodo di costruzione, è calcolato all'8 per 0|0 in media per le linee il cui costo chilometrico oltrepassa le duecentomila lire, poichè richieggono all' incirca tre anni per la costruzione, ed al 7 per 0|0 per le altre linee, che si possono aprire all'esercizio in minor tempo.

Da questi esempi di linee, non in progetto, ma costrutte, il sig. Ruelle conchiude quanto sia erroneo il supporre nei progetti di massima che la larghezza media della zona da occuparsi possa esser limitata a quindici o sedici metri, e che basti 1c.,50 di ghiaia per metro lineare; e questi essendo due elementi facilissimi a calcolare, si arguisce quali gravi errori possono commettersi nel valutare i movimenti di terra e le opere d'arte. E riassume osservando:

1° Che le ferrovie a centomila lire il chilometro non sono possibili che nelle regioni le più facili, e dove la spesa per i movimenti di terra e le opere di arte non oltrepassa . . . . . L. 25,000

2° Che per queste linee l'inghiaiamento, il materiale fisso, le stazioni ed i casotti di guardia costano in media	» 45,000
3° Che le spese di studio, l'acquisto dei terreni e l'interesse del denaro salgono a	» 30,000
Totale L.	100,000

Siccome, tuttavia, solo eccezionalmente si riesce a mantenere la spesa a centomila lire, e più si penetra in paesi difficili, più rapidamente crescono le spese, anzichè i prodotti (ed in questa condizione si trovano appunto quasi tutte le ferrovie d'interesse locale che si progettano in Francia, anche per la buona ragione che le linee produttive esistono da lungo tempo), così bisogna convenire col sig. Ruelle che l'intrapresa di tali costruzioni è una cattiva speculazione anche per i Corpi morali che vi si impegnassero, e che sarebbe preferibile che il pubblico denaro fosse invece speso in opere più produttive. —

È però necessario analizzare più minutamente la spesa di costruzione d'una ferrovia, affine di conoscer meglio in quali circostanze favorevoli si può sperare di limitarla; ma dovendo noi procedere senza il sussidio di piani, sarà bene rischiarare la questione con alcuni esempi di strade rinomate per moderazione di costo, prima di fare un po' di teoria.

I signori Marx Varroy e Jundt, ingegneri di ponti e strade, hanno pubblicato una memoria (*) sulla spesa di costruzione di tre linee dell'Alsazia, già citate parlando

(*) *Notice sur les Chemins de fer de l'Alsace, dits vicinaux ou départementaux, leur prix de revient, les ressources appliquées à leur construction, etc.* Paris, 1865.

Digitized by Google

delle spese d'esercizio, cioè da Strasburgo a Barr, Wasselonne e Mutzig, da Haguenau a Niederbronne, e da Schlestadt a Sainte-Marie-aux-Mines.

Essi spiegano come, per diminuire le spese di espropriazione e dei movimenti di terra, il corpo stradale fu fatto sotto la protezione della legge delle strade ordinarie, ricorrendo persino alle prestazioni di lavoro; mentre l'armamento fu eseguito dalla Compagnia ferroviaria dell'Est, che, come già fu accennato, intraprese poi anche l'esercizio delle linee stesse.

Inoltre dalla succinta descrizione delle regioni attraversate apparisce subito quali straordinarie facilità permisero di limitare singolarmente la spesa di costruzione.

Siccome poi il capitale fu interamente ottenuto per mezzo di sussidii dei Comuni, dei Dipartimenti, del Governo, degli industriali (da 300 a 5800 lire per chilometro) con prestazioni in natura od in moneta; e che gli studi furono eseguiti dagli ingegneri al servizio del Governo; così nel quadro seguente, alle spese per capitoli fu necessario aggiungere, seguendo l'esempio del sig. Ruelle, una leggera somma per gli studi, la sorveglianza e le spese d'amministrazione, oltre ad una somma che, unita a quella portata in conto dalla Società dell'Est, la quale s'incaricò di eseguire una parte importante dei lavori, rappresenta il 7 per 0|0 della spesa totale, affine di poter paragonare il costo di queste ferrovie a quello di altre costrutte da Società per azioni.

N. d'ordine	NATURA DELLE SPESE		Strasburgo a Barr, Wasselonne, Mutzig	Haguenau a Niederbronne	Schlestadt a Sainte-Marie aux-Mines
			(a)	(b)	
1	Acquisto di terreni	L.	19900	11050	20800
2	Movimenti di terra e ghiaia	»	23000	12400	20100
			(c)	(d)	(e)
3	Opere d'arte	»	4100	3550	6800
4	Siepi e barriere	»	1800	1700	1800
5	Casotti di guardia	»	1700	1100	2300
6	Stazioni, fermate, marciapiedi, tettoie, merci ecc.	»	10900	8000	10000
7	Officine e rimesse	»	700	500	700
8	Materiale fisso (ruotaie di 35 chilog. al metro, e compresi i binari delle stazioni, gli scambia-via, i segnali fissi, le piattaforme)	»	28300	26400	29000
9	Fossa per le locomitive, serbatoi, distribuzioni d'acqua .	»	1000	1000	800
10	Telegrafo e mobili	»	800	600	600
11	Spese del personale impiegato dalla Compagnia dell' Est, e spese diverse	»	3100	2400	(f) 4600
12	Spese di studio, compilazione dei progetti e sorveglianza .	»	2900	2700	2900
13	Interesse dei capitali anticipati dalla Compagnia durante la costruzione	»	2000	2000	2300
14	Interesse degli altri capitali al 7 0/0, e spese d' amministrazione	»	5856	3800	5700
	Totale	L.	106056	77200	108400

Osservazioni

(a) 1 ettaro, 89 are per chilometro. Prezzo medio per ettaro 10500 lire.
(b) 1 ettaro, 66 are per chilometro. Prezzo medio per ettaro 6600 lire.
(c) 4 opere per chilometro con 5m.35 di luce totale.
(d) 6 opere per chilometro con 6m. di luce totale.
(e) 7 opere per chilometro con 7m. di luce totale.
(f) Compreso lire 2500 per spese di personale a carico del Dipartimento.

Ecco ora qualche cenno intorno alla conformazione dei terreni attraversati dalle ferrovie.

La prima sezione da Strasburgo a Mutzig (19 chilometri) attraversa un terreno piano e ghiaiòso, molto favorevole; quindi poca superficie occupata, e poco considerevoli i lavori.

La diramazione da Molsheim a Wasselonne, di 13 chilometri, dopo aver attraversato un fiumicello sopra un ponte di 30 metri di luce, rimonta una vallata assai facile. L'altra diramazione da Molsheim a Barr (17 chilometri), costrutta in terreni più difficili, richiese uno scavo di 9500 metri, della profondità media di m. 1.34: in due punti la profondità arriva a m. 5.50 e 6.56.

La ferrovia da Haguenau a Niederbronne corre sopra un terreno d'alluvione, salvo per un chilometro, di poco valore, e che fornisce della ghiaia sul sito stesso.

La prima sezione della terza ferrovia, da Schlestadt a Sainte-Marie-aux-Mines, cioè per metà circa del suo sviluppo (21 chilometri), si trova in condizioni così favorevoli come la precedente, eccettuato che il valore de' terreni è più elevato. La seconda metà penetrando in una vallata, fu necessario, fra gli altri lavori, eseguire uno scavo di 2700 metri di lunghezza, la cui profondità media salì a m. 2.04, mentre la profondità massima è di m. 6.45.

Quest'ultima ferrovia è pure più costosa delle altre due.

Le stazioni, ridotte alla massima semplicità, furono costrutte secondo il tipo adottato dalla Compagnia dell'Est: quelle d'ordine inferiore consistono in un casotto, e non sono provviste di binari di scambio.

S'incontrano pendenze di 11 millimetri, e raggi di 300 metri.

Questa succinta descrizione ci dimostra quali favorevoli condizioni del suolo e quali mezzi straordinarii per l'e-

spropriazione dei terreni, il regolamento dei compensi e la diminuzione della mano d'opera, opportunamente combinati, resero possibile la costruzione di parecchie ferrovie, che nessuna Società d' azionisti avrebbe potuto tentare; poichè, mentre le spese di espropriazione e di compensi, le spese di studio e di sorveglianza, e quelle di mano d'opera in sostituzione delle prestazioni, sarebbero state più considerevoli, aumentando il costo chilometrico di dieci o quindicimila lire (senza contare il materiale mobile, di cui non si è ancora parlato), gli introiti coprono appena le spese di esercizio.

Queste osservazioni possono parere alquanto trite a molti lettori; eppure non si progettano forse in Italia ferrovie destinate ad un servizio a grande velocità, il costo delle quali, compreso il materiale mobile, si pretende non debba salire oltre a centotrentamila lire?

Le ferrovie a buon mercato costrutte nella Scozia, due delle quali furono già citate come esempi d'esercizio economico, non costarono molto meno delle linee dell'Alsazia, alle quali possono paragonarsi anche rispetto alle poche difficoltà incontrate nella costruzione.

Il costo chilometrico, diviso in capitoli, risulta dal quadro qui annesso:

Natura delle spese		Leven and Eeast of Fife	Peebles
Spese preliminari	L.	3605	2287
Studi e progetti	»	2747	2000
Espropriazioni ed indennità .	»	15151	17948
Costruzione della linea a impresa	»	51197	55317
Stazioni ed accessorii . . .	»	7221	9488
Amministrazione, spese generali, interesse del denaro .	»	2206	2083
Totali	L.	82125	89123

Le spese d'amministrazione e l' interesse del denaro sommano ad una cifra medesima.

Il Direttore, interessato, si contenta d'una semplice gratificazione; gli altri membri del Consiglio non sono rimunerati; ed in quanto all' interesse, devesi notare ch' esso è bassissimo in Inghilterra.

La ferrovia di Leven and Eeast of Fife attraversa un paese poco accidentato, lungo il corso assai tortuoso di un fiumicello. Il prezzo de' terreni fu determinato da arbitri, ed in un solo caso intervenne la legge.

Il raggio delle curve discende a m. 260 (m.100 nelle stazioni); la pendenza massima raggiunge 11 millimetri.

Il tracciato della ferrovia di Peebles presenta invece una serie continua di pendenze: le due più forti sono di 19 e 16 millimetri, cadauna dello sviluppo di 4800 metri; il raggio minimo delle curve è di 400 metri.

Lo stesso ingegnere studiò il profilo delle due linee: nel primo caso con molte curve, nel secondo soprattutto con molte pendenze, si sforzò di ridurre il volume degli sterri e degli interri, seguendo molto davvicino la conformazione del suolo.

Il volume dei movimenti di terra è di 4 a 5 mila metri cubi per chilometro.

Molti ponti sono in legno, di cui il paese attraversato abbonda; ed in legno sono pure diverse stazioni.

Le ruotaie (a fungo semplice) pesano 32 chilogrammi per metro sulla linea di Leven and East of Fife, e 37,5 quelle della ferrovia di Peebles.

Si scorge quindi come il prezzo d'un chilometro di queste due ferrovie potè esser assai moderato per circostanze analoghe a quelle delle ferrovie dell'Alsazia; nè devesi dimenticare la grande facilità con cui furono raccolti i capitali, senza bisogno di ricorrere ad alcuna *operazione* finanziaria, cioè depositi di titoli, grosse commissioni ecc.

Digitized by Google

Non solo i movimenti di terra sono poco importanti, ciò che implica riduzione della larghezza della zona occupata ed economia di mano d' opera, ma le opere di arte sono di poca importanza, il tracciato non avendo imposto ponti di grande portata, nè gallerie.

Il consolidamento stesso delle scarpe, che per molte ferrovie richiede una spesa elevatissima, la quale gravita talvolta sul bilancio per due o tre anni, al punto che si consiglia di mettere in disparte una somma per tale oggetto, non ha imposto alcun sensibile sacrifizio.

Il sig. Ruelle ha quindi ragione, quando asserisce che solo condizioni molto propizie permettono di limitare a circa centomila lire per chilometro il costo d'una ferrovia delle dimensioni ordinarie.

Bisogna però convincerci che è inutile sperare non solo di poter discendere al disotto di lire centomila per chilometro (escluso sempre il materiale mobile), ma che generalmente si dovrà pagare molto di più.

La larghezza del binario essendo (da asse ad asse delle rotaie) di m. 1.50, la distanza dalla rotaia allo spigolo superiore dell'inghiamento non si suol fare inferiore a m. 1.25.

La profondità della ghiaia essendo di 0,55, l' inclinazione della scarpa di 3 a 2, la larghezza del terrapieno fra ciglio e ciglio non potrà esser inferiore a

$$\text{m. } 1.50 + 2 \times \text{m. } 1.25 + 2 \times 0\ 55 \times \frac{3}{2} = \text{m. } 5.65.$$

Se la ferrovia è in scavo, è imperiosamente richiesto che il corpo stradale sia protetto lateralmente da fossi di sufficiente capacità per lo scolo delle acque piovane; si verificarono casi, ove per l'insufficienza dei fossi, la strada fu inondata e la ghiaia rimossa da un aquazzone, cagionando lo sviamento di convogli non fermati in tempo.

La larghezza del fosso dovrebbe variare secondo la profondità, ed anche la lunghezza della trincea; generalmente essa è di m. 0.40 sul fondo, con 0.30 di profondità.

Là dove la ferrovia è in rialzo, il fosso può esser soppresso.

Le ferrovie sono inoltre chiuse da siepi, le quali tuttavia non si ritengono come strettamente necessarie, quando il numero dei convogli è limitato, tanto più che in tal caso generalmente la loro velocità non è considerevole.

Alla larghezza del terrapieno, già determinata, bisogna ancora aggiungere almeno quella di un fosso laterale (la strada essendo talvolta in rialzo, talvolta in scavo, e talvolta appoggiata da una parte soltanto, nel qual caso basta un fosso); cosicchè la larghezza totale sarà

m. 5.65 + 1.30 = m. 6.95.

Questa cifra però è lungi dal rappresentare la larghezza della zona di terreno da espropriarsi.

La più modesta stazione esige in tutto almeno 8,000 metri quadrati, ed in media bisogna contare almeno 14,000 metri quadrati; e se le stazioni sono a 6 chilometri di distanza, ciò equivale ad un aumento di m. 2.30.

La deviazione di certe strade ordinarie o di fossi può facilmente richiedere una superficie di 600 metri quadrati per chilometro, ciò che aumenta di 0,60 la larghezza media della zona della superstruttura, che sarà quindi non inferiore a

m. 6.95 + m. 2.30 + m. 0.60 = m. 9.85.

Neppur questa cifra rappresenta ancora la larghezza della superficie d'espropriazione; poichè non trattasi già di costrurre una ferrovia attraverso una pianura perfetta, ma all'opposto (avendosi specialmente in vista le diramazioni ne' distretti fuori mano) attraverso paesi accidentati, lungo vallate ove talvolta occorre sollevare il

piano della strada sul fondo del suolo, talvolta aprirle un varco per mezzo di un profondo scavo, e più sovente sostenerla sul fianco d'una collina.

Queste diverse operazioni, che costituiscono i *movimenti di terra*, necessitano una grande superficie a cagione della *scarpa*, ossia dell'inclinazione da assegnare al terreno smosso, affinchè il rilevato o lo sterro conservi la sua forma, che le trepidazioni comunicate dai treni a grande velocità e le intemperie tendono a distruggere.

L'angolo della scarpa varia fra limiti assai ristretti, e non deve in nessun caso esser esagerato per un falso spirito d'economia, che si pagherebbe caramente, se durante l'esercizio si debbono riparare i guasti cagionati dalle pioggie sulle scarpe troppo ripide, senza contare le gravi disgrazie che potrebbero succedere per gli scoscendimenti.

L'inclinazione media è generalmente di 3 a 2, come fu già supposto per la ghiaia.

L'importanza dei movimenti di terra dovendo variare necessariamente, secondo la conformazione del suolo, oltre al limite di pendenza e di curvatura ammesso, è impossibile stabilire alcuna regola; ed è tanto più necessario spiegarsi chiaramente, poichè s'avrebbe ragione di asserire che si richiedono mille o centomila metri cubi di terra smossa per ogni chilometro di ferrovia, i due casi essendo egualmente probabili.

Nel caso, piuttosto raro, che lo scavo od il rilevato presenti una sezione regolare (quando cioè il terreno perpendicolarmente all'asse della strada è orizzontale), la superficie di terreno da espropriarsi cresce di 3 metri in larghezza per ogni metro di profondità. Questo però non è il caso più sfavorevole, quantunque sia bene d'osservare che, per una profondità di 1, 2, 3, 4, 5, 6 metri, la larghezza della zona diventa 13, 16, 19, 22, 25, 28,

ed un rilevato od uno sterro di 6 metri è cosa assai comune, mentre in molti casi la profondità è di 10 e più metri, la larghezza della zona di 40 metri almeno.

L'ingegnere, per mezzo di curve e di pendenze, si studia di sviluppare il profilo per modo da avvicinarsi quanto più è possibile al suolo e ridurre così le spese.

Ma il caso più serio è quando il profilo corre lungo un terreno inclinato perpendicolarmente all'asse, per esempio sul fianco di un colle; è allora assolutamente necessario trasformare il profilo trasversale per mezzo di un rilevato o di uno sterro, oppure (ed è generalmente più economico) penetrando nel suolo naturale per la metà circa della larghezza della strada, che si trova in sterro, e formando l'altra metà in rilevato coi materiali stessi scavati.

La superficie d'espropriazione è sempre assai considerevole, e tanto più quanto maggiore è l' inclinazione del suolo; ed in ogni caso maggiore di quella che corrisponde ad un movimento di terra d'egual volume e di sezione simmetrica.

Se rappresentiamo con

l la larghezza del piano superiore del corpo stradale,

L la larghezza della base, o terreno necessario, misurata orizzontalmente,

i l'inclinazione del terreno perpendicolarmente all'asse della strada,

V il volume per metro lineare;

Supponendo inoltre che la scarpa debba avere 3 di base per 2 d'altezza,

Si giunge facilmente alle due formole seguenti:

$$L = \frac{2\,l}{2 - 3\ \text{Tang.}\ i} \qquad V = \frac{l^2\ \text{Tang.}\ i}{2 - 3\ \text{Tang.}\ i}$$

Queste due formole, quantunque forse di nessuna utilità nel calcolo dei movimenti di terra, a cagione delle

continue variazioni della configurazione del suolo, fanno però vedere subito quanto rapidamente crescano L e V, cioè la superficie occupata ed il volume, crescendo l ed i, cioè la larghezza del corpo stradale e l'inclinazione del terreno.

I quattro esempi seguenti mettono questo fatto ancora più in evidenza:

i	L	V
10°	m. 13.60	m. c. 11.88
15°	16.70	22.40
20°	22.00	40.00
25°	34.50	77.40

L'ingegnere non può aiutarsi con pendenze, e pochissimo con curve, soprattutto se le ondulazioni del terreno sono molto ristrette, se cioè la linea d'intersezione di un piano orizzontale immaginario colla superficie del suolo offre curve di un raggio inferiore al minimo raggio ammesso per la ferrovia.

Il profilo della medesima deve allora necessariamente scostarsi da quello del terreno, aumentando rapidamente l'importanza dei movimenti di terra.

Per le prime ferrovie pareva che un raggio di mille metri e pendenze di due o tre millesimi fossero già esagerazioni da condannarsi; si eseguirono perciò scavi enormi, fra i quali è sempre celebre uno sulla ferrovia da Londra a Birmingham, che necessitò uno spostamento di oltre un milione di metri cubi di terra, con una profondità massima di 17 metri. Poco per volta si discese a curve di cinquecento metri di raggio anche sopra linee di gran traffico, e si accettarono pendenze di dieci e di quindici millesimi.

Man mano che le ferrovie penetrarono in paesi più accidentati, si accettarono curve di un raggio sempre minore, unite

a pendenze sempre più forti; cosicchè si discese fino a centotredici metri (ferrovia Steierdorf in Austria) in casi eccezionali, mentre s'incontrano pendenze di quaranta millesimi, aiutati in ciò gli ingegneri dalla maggior potenza delle locomotive più recenti.

Sarà sempre un merito degli ingegneri italiani d' aver primi di tutti proposto la pendenza di trentacinque millesimi sulla sezione di Busalla-Pontedecimo, respingendo al tempo stesso l'impiego di motori fissi, che allora godevano ancora di un favore non meritato.

Le curve troppo strette presentano tuttavia inconvenienti, che sono più o meno serii secondo i casi.

Esse impongono anzitutto certe dimensioni per il materiale mobile, che non possono esser oltrepassate: per le locomotive è spesso necessario adottare delle ingegnose, ma complicate disposizioni, le quali non solo aumentano il prezzo delle macchine, ma aumentano pure le spese di riparazione.

Inoltre il materiale mobile e fisso si logora molto più rapidamente nelle curve, che nelle linee rette; e perciò la *resistenza*, che deve vincere la locomotiva per trascinare un convoglio in una curva stretta, è maggiore che in linea retta, e questo equivale ad un maggior consumo di combustibile; cosicchè la frequenza delle curve strette ha per effetto d' aumentare le spese d'esercizio, precisamente come le pendenze.

Siccome ogni spesa annuale può considerarsi come l'interesse di un capitale impiegato per un determinato oggetto, così comprendesi facilmente come, quanto più il traffico d'una linea è considerevole, tanto più grande sia quel capitale fittizio che corrisponde all'eccesso delle spese di esercizio d'una linea a curve molto strette e grandi pendenze, in confronto d'un'altra che non presenti difficoltà

Digitized by Google

così gravi; e comprendesi pure che s'arriverà ad un punto tale, che quel capitale fittizio supererà il capitale effettivo necessario a così modificare il profilo, che spariscano le curve più strette e le pendenze più ripide mediante lavori più grandiosi.

Sta quindi all'ingegnere di così limitare le spese di costruzione in confronto del traffico probabile e delle spese d'esercizio, che queste, unite ad un ragionevole interesse sul capitale immobilizzato, rappresentino un *minimo*, variabile è vero, ma fra limiti che l'esperienza ha oramai determinati.

Tutte queste considerazioni, che possono parere alquanto fuor di luogo parlando della superficie di terreno da occuparsi, hanno per iscopo di mostrare quanto esagerino quelli che sostengono potersi ridurre a quindici (taluni vogliono dieci) metri di larghezza la zona d'espropriazione necessaria ad una ferrovia ad un solo binario in paesi accidentati, chè tali appunto si hanno sempre in vista parlando di ferrovie economiche.

Notando che nella cifra di m. 9.85 per la larghezza media del piano superiore non fu tenuto conto d'alcuna siepe, e che la superficie media per le stazioni fu ridotta a 14000 metri quadrati; che inoltre bisogna prevedere il caso di terreni difficili, che possono richiedere una scarpa eccezionale; e ricordando gli esempi citati dal sig. Ruelle, non si può fissare a meno di m. 25 la larghezza della zona necessaria per una ferrovia ad un binario costrutta solidamente, quantunque con economia, in una regione piuttosto accidentata.

La solidità d'una ferrovia dipende soprattutto dalla larghezza del corpo stradale da ciglio a ciglio, poichè la locomotiva correndo imprime alle ruotaie ed alle traverse

delle vibrazioni, che si trasmettono al terreno sottostante e laterale, e tanto più tendono a disgregare le scarpe, quanto più queste sono vicine alle ruotaie; quindi sulle ferrovie percorse da treni a grande velocità, la distanza fra la ruotaia ed il ciglio più vicino è talvolta di 3 metri circa.

Sulle linee di second'ordine si suole tal distanza ridurre considerevolmente; ma ogni esagerazione è caramente pagata, soprattutto nei primi anni d'esercizio, perchè le scarpe non ancora consolidate, e troppo esposte alla causa distruttrice suaccennata (aggiungendovisi inoltre la corrosione tanto più facile prodotta dall'acqua), richiedono continue riparazioni non solo, ma mettono in pericolo l'esercizio stesso della linea.

Non è quindi saggia economia il voler ridurre la superficie occupata, compromettendo la solidità della strada.

La superficie necessaria per chilometro di ferrovia per una larghezza media, ed assai moderata, di 25 metri, è di 2 ettari e 1|2.

I terreni mediocri costano almeno da 5,500 a 6,000 lire per ettaro: aggiungendo però le spese per le perizie, le spese notarili, le tasse, le spese per liti, le indennità, non solo per l'espropriazione forzata, ma spesso per la distruzione de' frutti, la maggiore spesa per edifizi, che talvolta si debbono inesorabilmente demolire soprattutto per collocare convenientemente le stazioni, i terreni occupati da una ferrovia in regioni coltivate non costano mai meno di 11 a 12 mila lire per ettaro, se pure le indennità fissate dai tribunali non ne fanno salire il prezzo al doppio, e sempre supponendo che la ferrovia non tocchi città di grande importanza.

La spesa media per l'acquisto de' terreni non è quindi generalmente inferiore a 27 o 30 mila lire.

Digitized by Google

Sopra una zona di 25 metri di larghezza media, un terrapieno od uno scavo di 80 centimetri di profondità rappresenta un volume di 20 metri cubi circa per metro lineare, ossia 20,000 metri cubi per chilometro; il prezzo medio d'un metro cubo di scavo o di terrapieno è di lire 1,30 almeno, e perciò la spesa totale dei movimenti di terra può facilmente ascendere a 26,000 lire per chilom.

L'importanza ed il numero delle opere d'arte dipendono dalle accidentalità del terreno, ed anche dal maggiore o minor grado di coltivazione della regione attraversata.

Le opere d'arte si sogliono spesso distinguere in ordinarie e straordinarie: le prime, di poca importanza in sè stesse, ma molto numerose, comprendono i ponti sopra i canali ed i fossi, i cavalcavia e sottovia ed opere consimili; le seconde, invece, comprendono i ponti di grande portata, i viadotti, le gallerie, i muri di sostegno di considerevole sviluppo, ecc.

Sopra una linea, che attraversa una regione coltivata e mediocremente accidentata, il numero delle opere d'arte ordinarie è di quattro a cinque almeno per chilometro, ed il costo medio è assai prossimamente d'un migliaio di lire per cadaun manufatto.

Non avvi al certo esagerazione a supporre che una ferrovia di trenta chilometri di sviluppo in paese montuoso richieda almeno un ponte-viadotto di centoventi metri ed una galleria di cinquecento metri di lunghezza rispettivamente.

Noi facciamo il bilancio d'una ferrovia fittizia, la quale tuttavia deve rappresentar le condizioni medie di moltissime diramazioni esistenti, evitando il confronto, sia con quelle costrutte in regioni facilissime, che con altre all'opposto aperte attraverso ostacoli numerosi. Spesso, infatti, una ferrovia deve tagliare cinque o sei volte il corso di un

torrente, forando al tempo stesso altrettanti contrafforti, come la ferrovia da Liegi a Verviers (nel Belgio) lungo la vallata della Vesdra, od il tronco da Novi a Busalla, e la nuova diramazione da Bussoleno a Bardonecchia, e tante altre.

La spesa per un ponte-viadotto di centoventi metri di lunghezza e quindici a venti metri d'altezza, è di 1500 lire per metro corrente, nelle condizioni più favorevoli, quando soprattutto non s'incontrino inaspettate difficoltà nella costruzione delle fondazioni.

La spesa totale (180,000 lire), ripartita, aumenta il prezzo chilometrico di L. 6000.

La galleria la più facile e per un solo binario costa almeno lire 350 per metro corrente.

La spesa totale, ripartita (175,000 lire), aumenta il prezzo chilometrico di altre 5800 lire.

È bene forse notare, per meglio dimostrare la moderazione di questi calcoli, che non si suppone alcuna trincea scavata nella roccia, e neppure alcun muro di sostegno d'importanza, opere tuttavia frequentissime.

Il volume minimo di ghiaia non può discendere al disotto di m. c. 2,80, e generalmente è più considerevole, tanto più che ne' primi anni d'esercizio, i terrapieni cedono sensibilmente, disturbando il livello delle ruotaie, fino a che abbiano raggiunto un sufficiente grado di solidità, ed è quindi necessario aggiungere continuamente nuova ghiaia per sostenere le traverse.

Quando si parla di ferrovie *economiche*, una delle economie che si suggerisce è appunto quella sulla ghiaia, della quale non si esita a consigliare di diminuire la quantità, perchè i treni sono poco numerosi e la loro velocità limitata. Questa però è un'economia male intesa, perchè la ghiaia è essenziale al consolidamento della strada, ed

alla conservazione delle traversine, dando sfogo alle acque piovane; e se lo strato di ghiaia è troppo sottile, non solo i cedimenti de' terrapieni producono un effetto più sensibile, come i viaggiatori stessi possono accorgersene, notando la differenza di confortevole quando si viaggia sopra una linea ben costrutta o sopra un'altra di cui si trascura la manutenzione; ma la strada può diventare pericolosa, ed uno sviamento facilissimo; e quando anche non succedano disgrazie, ad ogni modo si comprende che le spese di trazione e di manutenzione (soprattutto quelle per la conservazione del materiale fisso e mobile) crescono in ragione del cattivo stato della strada stessa.

Il prezzo della ghiaia può variare da due a dieci lire il metro cubo, secondochè se ne trova di buona qualità sul percorso, oppure è necessario trasportarla da una distanza considerevole.

Ammettendo che il prezzo sia limitato a lire tre per metro cubo, la spesa per la ghiaia salirà a lire 9000 almeno per chilometro, tenendo conto de'binari nelle stazioni.

I casotti di guardia sono generalmente imposti per legge, quantunque non siano strettamente necessarii, che quando sono collocati vicini ad importanti passaggi a livello.

I cancelli per chiudere l'accesso di strade vicinali possono essere manovrati a grande distanza coll'aiuto d' un filo in ferro (come sulle ferrovie tedesche), diminuendo così il numero delle guardie.

La spesa dei casotti, comprese le siepi ed i cancelli, può esser ridotta a 4000 lire per chilometro.

La spesa per le stazioni dipende in gran parte dall'importanza degli edifizi; tuttavia le stazioni più modeste non richiedono meno di 7 ad 8000 lire per chilometro, compresi i marciapiedi, e qualche tettoia per le merci

Almeno ad un'estremità della linea è necessario elevare una rimessa per le locomotive ed una per le vetture, con una piccola officina per le riparazioni, oltre alla fossa per il servizio delle macchine, ed un serbatoio.

La spesa complessiva per queste diverse opere, distribuita per chilometro, ne aumenta il prezzo di 1500 lire almeno.

Il capitolo dell'armamento include la provvista delle traversine in legno (è inutile parlar qui dei sistemi d'armamento interamente in ferro, i quali impongono una spesa almeno eguale a quella del sistema più generalmente adottato), le ruotaie e gli accessorii, gli scambi ed incrociamenti, le piattaforme girevoli ed i segnali.

Sopra questo capitolo si sogliono anche proporre delle importanti economie, le quali però, come quella sulla ghiaia, sono ben più apparenti che reali.

Le diverse parti, che costituiscono l'*armamento* d'una ferrovia, sono denominate complessivamente in inglese *permanent way*; ma fu spesso osservato che, se avvi qualche cosa in una ferrovia che non sia per nulla permanente, è appunto la ruotaia colle traversine e gli accessorii; infatti, tutte le azioni perturbatrici dovute al movimento de' convogli producono direttamente il loro effetto sulle ruotaie e sulle traversine, e le conseguenze sono tanto più disastrose, quanto meno perfetto è il contatto fra le traversine e la ghiaia, la quale dovrebbe offrire un punto d'appoggio solido e costante alle prime.

L'esperienza tuttavia ha dimostrato che la ghiaia è lungi dal costituire un solido appoggio per l'armamento; quindi fu necessario aumentare successivamente, non solo le dimensioni delle traversine, ma soprattutto la *rigidezza* delle ruotaie, e perciò il loro peso, il quale, da 16 chilogrammi per metro corrente, come sui primordii delle ferrovie, salì

a 36 chilogrammi, e sui tronchi più importanti (sulle linee principali d'Inghilterra) s'avvicina a 40 chilogr., mentre la distanza tra asse ed asse delle traversine non è mai superiore a 1 metro, e più spesso di m. 0,86. Sopra alcune ferrovie poi, le ruotaie in ferro sono ora sostituite da ruotaie in acciaio (linee principali della rete del Nord francese, linea diretta da Parigi a Marsiglia, ecc.), le quali, non solo non sono più soggette a guastarsi per difetto di saldatura, ma, di peso e forma eguale, sono quasi due volte più rigide che le prime.

Il peso delle locomotive è certamente cresciuto, come pure quello delle vetture e dei vagoni: la velocità dei convogli diretti aumenta anche la fatica delle ruotaie; ma tuttavia non si può negare che, più le ruotaie sono rigide, e più la ferrovia s'avvicina a quella perfezione ideale d'una superficie liscia ed inflessibile, ad un dipresso come la tavola da bigliardo rispetto alle biglie, o le guide fisse d'una macchina da piallare rispetto alla tavola mobile.

Quanto più l'armamento è solido, altrettanto è minore il cedimento delle ruotaie sotto il carico delle ruote, e perciò la pressione è distribuita sopra un maggior numero di traversine, cadauna delle quali lavora di meno; quindi non solo è minore la tendenza della ghiaia a smuoversi, lasciando le traversine in certo modo sospese, ma minori sono gli effetti dei cedimenti parziali, minori sono pure le spese di trazione e di manutenzione.

Il suggerire perciò di diminuire il peso delle ruotaie, citando come esempio le prime ferrovie, è voler retrocedere, anzichè progredire sempre più nella costruzione di quel meraviglioso strumento civilizzatore che sono le strade ferrate; mentre l'economia, che potrebbe ragionevolmente accettarsi quando si voglia limitare il peso delle locomotive, è assai piccola, perchè la *resistenza* delle ruotaie diminuisce più rapidamente che il loro *peso*.

Digitized by Google

Ammettendo ruotaie del sistema Viguole, di 36 chilogrammi per metro corrente, e lunghe sei metri, con traversine collocate alla distanza media di novanta centimetri fra asse ed asse, la spesa del binario fuori delle stazioni è ad un dipresso la seguente per chilometro:

1111 traverse (m. 2.60 × 0,28 × 0,14) a lire 5 cadauna	L.	5,555
72000 chilog. di ruotaie a L. 0,25 il chil.		18,000
3000 chil. di stecche (334 paia a 9 chil.) a lire 0,30 per chil.		900
600 chil. di viti a lire 0,40 per chil. .		240
1500 chil. d'arpioni a lire 0,35 il chil. .		525
Totale provvista materiali	L.	25,220
Mano d'opera		1,500
Totale per un chilometro di binario	L.	26,720

Sopra molte linee i giunti fra le ruotaie corrispondono ad una traversina, e sono rinforzati da una piastrella in ferro. Siccome il vantaggio di questa disposizione non solo non è dimostrato, ma sopra molte linee si ritornò, e crediamo con ragione, al *giunto sospeso* (ferrovia del Nord di Francia, ferrovie tedesche ecc.), il quale richiede lo stesso numero di traverse, economizzando le piastrelle, così queste furono soppresse nell'estimo.

Per tener conto dei binarii nelle stazioni (supposte a 6 chilometri di distanza), bisogna aumentare la spesa almeno del 12 per 0|0; aggiungendo inoltre in media sei scambi con incrociamenti in acciaio per ogni stazione (36 in tutto per una linea di 30 chilometri, al prezzo di 1000 lire cadaun assortimento) l'armamento per chilometro di via risulterà in lire 31,100 circa.

Sopra questo capitolo, come fu detto, si propongono spesso grandi economie; anzi, secondo alcuni, è quello sul

quale si può risparmiar di più, quando trattasi di limitare la spesa di certe diramazioni, per le quali s'intende di conservare la distanza normale di m. 1.50 fra le ruotaie, diminuendo il peso delle ruotaie da 36 a 16 chilogrammi e meno per metro lineare.

Ma, se invece di contentarsi di formole empiriche, si calcola con precisione la resistenza di parecchie ruotaie a sezione Vignole, e tutte disegnate nell' intento di utilizzare convenientemente il ferro, la cui resistenza sia costante (ed al più di 5 chilogrammi per millimetro quadrato), conservando pure la stessa distanza massima di 1 metro fra le traversine, prendendo per *unità* la resistenza d'una ruotaia di 36 chilogrammi (la quale sopporta al più un carico di 6 tonnellate sopra una ru ta, senza deteriorarsi troppo rapidamente), si ottengono i risultati seguenti:

Peso delle ruotaie per m. c. in Chil.	Rapporto del peso	Resist. delle ruotaie in Chilog.	Carico massimo per ruota in Chil.
36	1	1	6000
32	0,89	0,83	5000
30	0,83	0,75	4500
25	0,69	0,56	3400
22	0,61	0,46	2800
20	0,55	0,39	2350
18	0,50	0,33	2000
16	0,44	0,28	1700

Si scorge come, impiegando, ad esempio, ruotaie di 30, anzichè di 36 chilogrammi per metro, il carico massimo sopra una sala di locomotiva non possa oltrepassare 9 tonnellate: condizione assai onerosa, poichè non permetterebbe generalmente d'impiegare locomotive a due sale, quantunque, quando il traffico è leggero, esse siano da preferirsi a quelle a tre sale, tanto a cagione della minore spesa d'acquisto, quanto a cagione della loro mag-

giore semplicità, carattere essenziale delle macchine *buone* ed *economiche*.

L'economia poi per chilometro di binario sarebbe al più di 13,500 chilog. di metallo (tenuto conto dei binarii delle stazioni), ossia 3500 lire al più per chilometro, o, come vedremo, circa il 2 per 0|0 della spesa totale di costruzione.

Diminuendo alquanto l'altezza della ghiaia, raccorciando le traversine di qualche centimetro, si può spingere l'economia a 5000 lire al più, aumentando però le spese di manutenzione per il solo fatto che l'armamento è troppo leggero.

Per completare l' armamento della linea, occorrono almeno due segnali per ogni stazione, cioè 12 segnali in tutto, a lire 500 cadauno; e parecchie piattaforme girevoli, delle quali però deve limitarsi il numero allo stretto necessario là dove manca lo spazio per collocare uno scambiavia. Supponendo una piattaforma a lire 3000 per ogni stazione, la spesa media per chilometro per segnali e piattaforme sarà di lire 800.

Il filo telegrafico, compresi gli apparecchi elettrici e diverse spese accessorie per le stazioni, si calcola costare lire 600 per chilometro.

Le spese di studio del tracciato e di sorveglianza dei lavori sono alquanto variabili; ma le economie sopra questo capitolo sono sempre caramente pagate, poichè non può mettersi in dubbio che le gravi discrepanze, troppo spesso verificate fra la spesa presunta e quella reale, sono generalmente cagionate da uno studio imperfetto per mancanza di dati, che solo un personale numeroso ed intelligente può procacciarsi. E così è soprattutto quando le spese impreviste sono necessitate da lavori di consolidamento delle scarpe, o di deviazioni di sorgenti, o per rimuovere

frane, rifare ponti, terrapieni, gallerie ed opere consimili, che uno studio più minuto del terreno, completato con scandagli affine di precisarne la formazione geologica, avrebbe evitato.

Le spese di studio variano da 6 a 13,000 lire per chilometro, secondo molti esempi di ferrovie costrutte; affine tuttavia di evitar la scusa d'esagerazione, si potrà, malgrado le ragioni esposte, accettare la cifra più bassa.

L'ultimo capitolo di spesa, che non può essere trascurato, è quello delle spese d'amministrazione, e d'interesse per tutta la durata della costruzione; poichè ben si comprende che qualunque capitale sborsato deve *fruttare*, si paghino i frutti, oppure si accumulino.

Che debba esser così, è ancora meglio dimostrato dalla necessità in cui si trovano quasi sempre le Società ferroviarie di farsi anticipare capitali contro uno sconto elevatissimo; nè bastano a dimostrare il contrario certi annunzi di giornali, destinati ad adescare i possessori di denaro, e che promettono, durante la costruzione di certe ferrovie, un interesse del 5 o del 6 per 100, *pagato dall'impresario stesso.*

Limitando ad 1 0|0 le spese d'amministrazione ed al 7 0|0 l'interesse medio del denaro, si dovrà aggiungere alla somma delle spese divise per capitolo l'8 0|0, affine di ottenere il costo chilometrico d'una ferrovia.

Riassumendo ora tutte le spese esaminate partitamente, si ottiene il seguente quadro, nel quale, tanto la spesa di acquisto dei terreni, quanto quella dell' armamento sono ridotte al limite inferiore:

Digitized by Google

NATURA DELLE SPESE		AMMONTARE	PER 0|0
Acquisto dei terreni . . .	L.	28,000	20.1
Movimenti di terra . . .	»	26,000	18.7
Opere d'arte ordinare . .	»	5,000	3.6
» straordinarie .	»	11,800	8.5
Ghiaia	»	9,000	6.5
Casotti, siepi, cancelli . .	»	4,000	2.9
Stazioni	»	8,000	5.7
Rimesse ecc.	»	1,500	1.1
Armamento (ruotaie di 30 chil. circa)	»	28,000	20.1
Segnali e piattaforme . .	»	800	0.6
Telegrafo e spese diverse .	»	600	0.4
Spese di studio e personale	»	6,000	4.3
Totale	L.	128,700	92.5
Spese d'amministrazione ed interessi (8 0|0) . . .	»	10,300	7.5
Totale generale	L.	139,000	100.0

Se si aggiungono da 10 a 11,000 lire per lavori imprevisti, aumento di mano d'opera, o di prezzo dei materiali, ritardo dell' apertura, utensili ecc., il costo totale per chilometro salirebbe a 150,000 lire: somma tuttavia di molto inferiore a quella spesa per la maggior parte delle ferrovie, tanto in Italia, che all'estero, ciò che basterebbe a confermare la moderazione del calcolo fittizio.

Le stesse ferrovie, infatti, della Calabria e della Sicilia sono appaltate a circa 200,000 lire per chilometro, non compreso il materiale mobile, del quale rimane a parlare.

Il prezzo del materiale mobile dipende in grande misura dallo sviluppo del traffico.

Digitized by Google

Supponendo soli 4 convogli al giorno, ed un movimento di viaggiatori e di merci assai limitato, basterebbero 3 locomotive-tender a 4 ruote, al prezzo di 40,000 lire cadauna, 15 vetture al prezzo medio di 7,000 lire cadauna, e 25 vagoni al prezzo medio di 4,000 cadauno.

Affine di non cadere in esagerazioni, è bene tener in mente che il materiale anche meglio costrutto è soggetto a riparazioni, e che uno stesso vagone non può servire per qualunque categoria di merci; quindi, tanto per questa ragione, quanto per il tempo necessario a caricare e scaricare un vagone, il suo percorso annuo è limitatissimo.

La spesa del materiale mobile ora fissata, ripartita per chilometro, salirebbe a 12,000 lire circa, mentre molti autorevoli ingegneri sostengono che la spesa del materiale mobile per una diramazione non possa esser inferiore a 20,000 lire per chilometro.

Crediamo aver dimostrato, coll'analisi precedente, che in generale non si può costrurre una ferrovia delle dimensioni ordinarie per meno di 150 a 160,000 lire al chilometro, compreso il materiale mobile; l'esperienza poi mette fuori di dubbio che tale somma è quasi sempre insufficiente.

Limitando ora a 5,50 0|0 l'interesse e l'ammortizzazione del capitale, e ricordando che il limite inferiore delle spese d'esercizio è di lire 8,500 per chilometro, il prodotto d'una ferrovia, capace di vivere di vita propria, non dovrà esser inferiore alla somma delle spese d'esercizio e d'interesse, cioè:

Spese d'esercizio	L.	8,500
Interesse ed ammortizzazione . .	»	8,800
Totale	L.	17,300

Digitized by Google

Quando il costo della ferrovia, compreso il materiale mobile, raggiunga le 200,000 lire per chilometro, pur limitando le spese d'esercizio al 45 0|0 del prodotto brutto, questo non può esser inferiore a 20,000 lire per chilometro, se la costruzione della ferrovia deve considerarsi come una discreta speculazione commerciale.

Ma, come già fu accennato, pochissime sono le ferrovie, soprattutto in Italia, che abbiano guadagnato 20,000 lire al chilometro, e probabilmente nessuna fra quelle progettate otterrà per molti anni un prodotto così elevato; sicchè, il sistema dei sussidii essendo condannato, sarà nostro còmpito, nelle pagine seguenti, di indicare in qual modo molte regioni possono esser dotate di ferrovie adattate alla ristrettezza de' mezzi disponibili.

Il solo mezzo di limitar le spese di costruzione e d'esercizio d'una ferrovia, il cui prodotto sia, almeno per molti anni, forzatamente molto tenue, è di *ridurre* largamente lo scartamento fra le ruotaie.

Chi non può far le spese d'una casa grande, contentar si deve d'una casa piccola.

Come già fu detto, la distanza fra le ruotaie è il *modulo* di tutta la ferrovia e delle parti annesse, ed è strettamente collegata col costo.

Accenniamo subito tutti i vantaggi, che si ottengono creando delle ferrovie economiche a scartamento ridotto.

Le spese di costruzione decrescono rapidamente d'importanza, perchè si richiede meno terreno, ma soprattutto perchè il costo dei movimenti di terra e delle opere di arte riducesi in proporzioni enormi; il costo dell'armamento è molto diminuito, perchè le ruotaie e le traversine sono più leggiere; le dimensioni del materiale mobile sono proporzionate allo stesso bisogno, e perciò esso è meglio utilizzato.

Le spese d'esercizio riescono minori; ed essendo possibile, a spesa eguale, mantenere un maggior numero di treni, con un miglior servizio soprattutto per i viaggiatori, non si perde alcuna fonte di prodotto.

Finalmente una ferrovia a scartamento ridotto può sopperire ai bisogni d'un movimento assai considerevole, prima che sia necessario pensare alla trasformazione della medesima in ferrovia ordinaria.

La sola obbiezione, più apparente che reale, che può sollevarsi contro la riduzione dello scartamento, è questa: che, quando una ferrovia, così costrutta, parte da una stazione comune ad una ferrovia ordinaria, oltre al trasbordo dei viaggiatori (che ha sempre luogo), è inevitabile quello delle merci: quindi una piccola spesa che aggrava l'esercizio della diramazione. —

Le poche linee, che precedono, sono il sommario della teoria delle ferrovie economiche; ma prima di svilupparla, non sarà male, affine di diminuir l'aridezza dell'argomento, di dare una succinta descrizione della più interessante ferrovia a scartamento ridotto, che forse esista, lo studio della quale fu anzi la base di quanto stiamo scrivendo intorno a quest'importante soggetto.

Moltissime sono le obbiezioni sollevate contro le piccole ferrovie; principale quella che *non è vero* che, riducendo la distanza fra le ruotaie, si riducano ad un tempo, e largamente, le spese di costruzione; e speciosi sono gli argomenti addotti dagli oppositori, sicchè la descrizione di una piccola ferrovia, che ottenne un successo incontestato, servirà pure a precisar le idee, evitando quelle confusioni che si prestano così bene a prolungare le discussioni.

La ferrovia che intendiamo descrivere è quella già citata e ben conosciuta sotto il nome di *Festiniog Railway*, nel Principato di Galles in Inghilterra, e che mette in co-

municazione il piccolo porto denominato *Port-Madoc* colle importantissime cave d'ardesia, di cui abbonda, fra le altre vallate della parte settentrionale di quel paese, quella di Festiniog.

Le ardesie sono estratte da queste cave da tempi remoti; ed aumentandone lo smercio, fu formata sino dal 1832 una Società per la costruzione d'una rozza ferrovia, o più precisamente un *Tramway*, che facilitasse la discesa delle ardesie in vagonetti, sopprimendo i carri ordinarii.

La distanza da Port-Madoc a Duffws, piccolo villaggio dove termina la ferrovia, è di 20 chilometri con una differenza di livello di 215 metri circa, sicchè la pendenza media dalle cave al porto è dell'11 per 00|00 approssimativamente.

Fra i due estremi elevansi però due contrafforti, uno dei quali avrebbe necessitato una galleria di 660 metri, troppo costosa per la Società; prevalse quindi il partito di far passare dapprima il tramway sopra il contrafforte principale per mezzo di un doppio piano inclinato, forando il secondo con una piccola galleria di 55 metri.

Il tramway doveva esser la continuazione di quelli già in uso nelle cave stesse: quindi la distanza fra le ruotaie fu limitata a *sessanta centimetri* circa.

Come implica il nome stesso, la trazione doveva farsi con cavalli, ad eccezione del doppio piano inclinato; sul medesimo i vagonetti erano rimorchiati per mezzo d'una fune mossa da una ruota idraulica.

I cavalli poi dovevano solo rimontare i vagonetti vuoti da Port-Madoc verso le cave, poichè per la discesa bastava la gravità.

La costruzione della strada è assai primitiva; fecesi ampio uso delle pietre schistose, di cui abbonda la vallata,

per costrurre non solo muri di sostegno a secco, raramente rinforzati da contrafforti quando raggiungono una elevazione di cinque a sei metri, ma anche muricciuoli per servire di siepe.

Non mancano trincee scavate nella roccia, con faccie perpendicolari, e larghe appunto abbastanza per lasciar passare i veicoli.

Non è neppur necessario di dire che la ferrovia veduta in piano è una serie continua di curve, con raggi che discendevano a 30 metri, aumentati poi col tempo a 45 metri.

La ferrovia, affine d'appoggiarsi continuamente alla montagna, ritorna in parte sopra sè stessa, descrivendo un immenso ferro da cavallo, sicchè si può seguire per lungo tempo il convoglio coll' occhio, mentre corre su questa linea resa ancora più interessante dalla bellezza naturale del sito.

Aumentando il traffico, si pensò di sopprimere il doppio piano inclinato ed il motore idraulico, aprendo quella piccola galleria di 660 metri nella roccia, ed in pendenza del 9 per 00|00 circa, che si preferì d' evitare finchè la importanza del traffico non ne giustificasse la necessità.

Le prime ruotaie pesavano appena 8 chilogrammi per metro, e la parte inferiore era ondulata, cioè a *ventre di pesce*, forma presto abbandonata per ruotaie a fungo semplice e faccie parallele, pesanti 15 chilogr.^{mi} per metro.

Ai dadi in pietra furono sostituite traversine lunghe m. 1,40 circa, collocate a m. 0,65 di distanza.

Questa ferrovia bastò al trasporto sempre più considerevole delle ardesie sino al 1863, pagando magnifici dividendi del 20 e più per 0|0.

In quell'anno l'ing. Spooner, direttore della linea, decise di attuare, l'idea molte volte messa innanzi, di sostituire

ai carrelli la locomotiva, indotto dalla difficoltà di soddisfare altrimenti alle esigenze del traffico; e dal desiderio di stabilire un servizio regolare per viaggiatori e merci.

Quanto può parer facile adesso, era allora difficilissimo, come succede di molte innovazioni: tutti gli ostacoli furono tuttavia superati, principale essendo quello di costrurre locomotive con sufficiente superficie di riscaldamento, malgrado la strettezza del binario; e sul finire del 64, le quattro prime macchine cominciarono a far il servizio delle merci, ed a trasportar gratuitamente qualche viaggiatore in via sperimentale, finchè nell'anno seguente la linea fu debitamente autorizzata a fare un servizio di viaggiatori e merci, alle stesse condizioni delle altre strade ferrate.

Le prime locomotive (a quattro ruote) pesavano appena, con acqua e carbone, 8000 chilogrammi: il servizio più faticoso essendo, come fu già notato, quello di rimontare i vagoni vuoti sopra una pendenza media di 11 per 00|00 (la pendenza massima è di 14 per 00|00), esse furono presto trovate alquanto deboli, sicchè se ne ordinarono due altre, anche a quattro ruote, del peso di 10,000 chilogrammi colle provviste d'acqua e combustibile. Intanto si giudicò necessario di sostituire alle ruotaie di 15 chilogrammi altre di 22 1|2 chilogrammi per metro, a doppio fungo, alte 114 millimetri, con giunto a stecche, aumentando considerevolmente la rigidità dell'armamento.

Si può di passaggio osservare come quest'esempio confermi l'osservazione fatta in altro luogo, esser cattivo consiglio proporre ruotaie eccessivamente leggiere per linee economiche: taluni infatti pensano che ruotaie di 15 a 16 chilogrammi bastino per locomotive che portano da 7 ad 8000 chilogrammi sopra una sala, senza preoccuparsi della manutenzione.

Affinchè meglio si comprenda che le piccole locomotive introdotte sul Festiniog railway dovevano sopperire ai bisogni d'un movimento importante in sè stesso, oltre alle difficoltà presentate dal profilo, aggiungiamo nel quadro seguente il numero dei viaggiatori e la quantità di merci trasportate dal 1864 al 1870, ricavate dalle statistiche pubblicate annualmente dal *Board of Trade*.

Digitized by Google

Fra i viaggiatori di terza classe sono compresi gli operai, trasportati in grandissimo numero con treni speciali da Port-Madoc verso le cave ogni lunedì mattina, e dalle cave verso Port-Madoc ogni sabato sera, in vagoni scoperti, o piuttosto carri, e con tariffa speciale, sicchè dovrebbero considerarsi come viaggiatori di quarta classe.

Il movimento delle ardesie è in discesa, quello delle altre merci (soprattutto carbone, oltre a polvere da mina, grosso legname, porci e pecore ed altri prodotti) è invece in salita.

Anno	Numero di viaggiatori				Tonnellate di merci			Introito in lire italiane					
	1.a classe	2.a classe	3.a classe	Totale	Ardesie	Merci	Totale	Viaggiatori	Ardesie	Merci	Totale	Per chilom.
1864	»	»	»	»	70,520	9,002	79,522	»	234,225	27,975	311,500	15,575
1865	88	774	22,243	23,105	73,529	9,860	83,389	21,925	292,100	37,150	351,175	17,559
1866	1,140	1,726	64,969	67,835	77,016	11,479	88,495	53,550	275,375	44,675	373,600	18,680
1867	1,762	2,126	78,933	82,821	93,773	13,790	107,563	66,700	334,925	60,800	462,425	23,121
1868	1,332	1,920	89,668	92,920	112,051	14,693	126,744	84,500	394,975	66,900	546,375	27,319
1869	»	»	»	97,000	118,132	18,600	136,732	88,540	418,360	85,000	591,900	29,595
1870	3,304	3,223	92,868	99,395	»	»	»	86,950	371,325	109,325	567,600	28,380

Il prodotto chilometrico della piccola strada ferrata da 15,600 lire aumentò rapidamente fino a 29,600 per ridiscendere poi alquanto, secondo le fluttuazioni commerciali. (*)

Questo quadro dimostra quindi all'evidenza a qual traffico possa bastare una ferrovia a binario ristrettissimo.

Il materiale mobile della ferrovia Festiniog si componeva, sul finire del 1870, di

7 locomotive,
14 vetture da viaggiatori (compresi i vagoni a bagaglio),
32 carri scoperti per il trasporto dei minatori,
40 vagoni per merci ordinarie,
852 vagoni per le ardesie.

Delle locomotive, sei sono a quattro ruote, come già fu detto; quattro pesano 8000, e due 10,000 chilogrammi; l'ultima locomotiva è *doppia*, cioè a quattro cilindri, sul sistema detto Fairlie dal nome dell' ingegnere che, migliorando un tipo già esperimentato altre volte, produsse una macchina, che pare cominci ad essere più apprezzata, quantunque persone autorevolissime non esitino a combatterne il principio stesso.

Questa locomotiva pesa 20,000 chilogrammi con acqua e carbone; ma quantunque il sig. Fairlie voglia in certo modo stabilire un nesso (che non esiste), non è qui il luogo di discutere le sue idee.

Le locomotive lavorano ad una pressione di 10 atmosfere almeno: la forza di trazione d'una locomotiva semplice è di 1400 chilogrammi almeno, ritenendo che il dia-

(*) Una parte considerevole delle ardesie essendo esportata soprattutto verso la Germania settentrionale, non è meraviglia se il prodotto della ferrovia Festiniog soffrì durante la guerra franco-germanica.

Digitized by Google

metro dei cilindri è di m. 0,205, la corsa dello stantuffo m. 0,305, ed il diametro delle ruote 0,610, e limitando a 0,70 il coefficiente utile.

Le vetture a viaggiatori, secondo il modello più recente, sono a due compartimenti, contenenti cadauno sei posti.

Il tavolato delle vetture è appena sollevato di 20 centimetri sul piano delle ruotaie (le ruote e le molle essendo in parte nascoste sotto i sedili), sicchè non fu necessario costrurre marciapiedi nelle stazioni.

Le dimensioni principali (interne) delle casse sono: lunghezza m. 3,05, larghezza m. 1,90, altezza m. 1,73.

Il diametro delle ruote è di m. 0,46, e la distanza fra le sale è di m. 1,52.

Le prime vetture erano ad un solo compartimento, con due sedili longitudinali, dosso a dosso, sicchè in fatto la vettura poteva considerarsi come a due compartimenti longitudinali.

Questa incomodissima disposizione era stata suggerita per aumentare la stabilità delle vetture, facendo si che il centro di gravità della vettura, anche inegualmente caricata, cadesse vicino all'asse maggiore; ma l'esperienza dimostrò presto la superfluità d'una tale precauzione.

Il peso medio d'una vettura vuota è di 1,500 chilogrammi circa.

I carri per i minatori sono a quattro sedili, scoperti e senza molle, e portano otto persone cadauno.

Il peso di un carro è di 600 chilogrammi circa.

I vagoni a merci rassomigliano alquanto ai vagoni ordinarii, ma non sono muniti di molle; la cassa è lunga m. 2,50, larga m. 1,10, profonda m. 0,75.

Alcuni vagoni sono chiusi con un coperchio.

Digitized by Google

Le ardesie, le quali, come è noto, sono ridotte, a macchina od a mano, a certe dimensioni accettate in commercio, precisamente come i mattoni, sono trasportate in vagonetti speciali, che consistono in una piattaforma di legno, circondata da un telaio in ferro, e montata direttamente sulle ruote senza molle.

Tali vagoni sono leggerissimi, e quelli dell'ultimo modello (più spaziosi di metà degli altri) pesano meno di una tonnellata, mentre il loro carico di ardesie è di tre tonnellate.

Un certo numero di vagoni è munito di un freno molto semplice *a leva*.

Nessuna stazione è munita di grue idrauliche propriamente dette, utilizzandosi sempre la caduta dell'acqua per empiere i serbatoi, formati con larghe lastre d'ardesia connesse precisamente come tavole di legno.

A mezza strada fu costrutto un serbatoio per utilizzare l'acqua limpida d'una piccola sorgente; e quando occorre, il macchinista ferma la sua locomotiva vicino al medesimo per provvedersi d'acqua.

Le stazioni (cinque in numero), ad eccezione d'una, per la quale fu leggermente trasformata una casetta, sono tutte in legno, il clima dell'Inghilterra, molto temperato, essendo altamente favorevole alla conservazione di questo materiale.

Esse sono modeste oltremodo, consistendo principalmente in una cameretta, che serve d'ufficio per il capostazione, generalmente incaricato della distribuzione dei biglietti.

Sale d'aspetto non se ne trovano che nella stazione principale di Port-Madoc. Siccome però in Inghilterra non s'è introdotto l'uso di chiudere a chiave i viaggiatori, come pecore senza intelletto che corrono pericolo di farsi schiacciare sotto le ruote della locomotiva, o malandrini

Digitized by Google

pericolosi cui non deve esser permesso di circolare libe ramente, così sulla piccola ferrovia Festiniog s' è seguito l'esempio delle altre ben più importanti, e l'accesso alle sale d'aspetto è libero, ed aperto verso il binario.

Nelle stazioni minori, i viaggiatori aspettano il treno sotto una piccola tettoia.

Esiste a cadauna stazione estrema, cioè a Port-Madoc e a Duffws, una piccola rimessa in pietra per le locomotive.

Per terminare questa superficiale descrizione della piccola ferrovia Festiniog, ci rimane a dire che i segnali sono del sistema generalmente impiegato sulle ferrovie inglesi, cioè in legno ed a *braccia*, rassomigliando alquanto al telegrafo aereo, che da lungo tempo ha ceduto il posto all'elettrico.

La larghezza della ferrovia da ciglio a ciglio varia da m. 2.40 nei punti più difficili, cioè in galleria e nelle trincee aperte nella roccia; a m. 3.00, o poco più, nei punti più facili.

L'inghiaiamento non ha più di trenta centimetri di profondità.

Essendo in Inghilterra sconosciuto il sistema dei guardiavia, ancora ammessi sopra quasi tutte le linee del continente, non esistono guardie che ai principali passaggi a livello; ed il loro dovere si limita a manovrare i cancelli, i quali sono così disposti che, quando è aperto il passaggio dei carri sulla strada ordinaria, i cancelli chiudono la ferrovia, evitando il pericolo che buoi o pecore s'inoltrino sul binario. Lo stesso sistema fu adottato sulla linea Festiniog.

La piccola ferrovia in discorso passa sopra 17 ponti o cavalcavia, e sotto cinque sottovia per pedoni o bestie isolate.

Un solo ponte è in ferro: gli altri in pietrame, ed i più piccoli consistono in una grossa lastra d'ardesia.

Digitized by Google

Crediamo superfluo tentare una descrizione più minuta di questa ferrovia e del suo materiale, senza l'aiuto di disegni; e ci limiteremo ad aggiungere che in vicinanza di Port-Madoc esistono delle piccole officine di riparazione, dove talvolta si costruisce qualche vagone, od anche qualche vettura.

È ora invece necessario di spiegare in qual modo è fatto il servizio sopra questa piccola ferrovia, che, come abbiamo veduto, nel 1869 trasportò 137,000 tonnellate di merci e 97,000 viaggiatori. Siccome nei giorni festivi non avvi servizio alcuno, possiamo ritenere 313 giorni di lavoro al più nell'anno intiero; cosicchè nel 1869 il movimento medio giornaliero salì a 438 tonnellate di merci, e 310 viaggiatori. Però circa seicento cavapietre, che partono da Port-Madoc il lunedì mattina per ritornarvi il sabbato sera per passarvi la domenica in famiglia, contribuiscono soprattutto ad aumentare il numero dei viaggiatori propriamente detti, che salgono ad un centocinquanta al giorno.

Il numero di convogli propriamente detti, rimorchiati cioè con locomotiva, è di dieci al giorno; oltre cinque o più convogli secondo il bisogno, unicamente composti di vagonetti carichi d'ardesie, i quali discendono sotto l'azione della gravità.

I convogli che salgono verso Duffws sono composti di vagoni per ardesie vuoti, di vagoni merci carichi, di vetture a viaggiatori, oltre ad un vagone a bagaglio con freno, ad un dipresso nelle proporzioni di numero e peso qui sotto accennate:

112 vagonetti vuoti di varie dimensioni	72	tonnell.
4 vagonetti a merci	25	»
5 vetture ed un vagone a bagaglio .	6	»
Merci	4	»
Viaggiatori e guardia . . .	3.5	»
Peso brutto del convoglio, escluse le macchine, ...	88	tonnellate

Per rimorchiare questo convoglio sopra la pendenza media di 11 millesimi s'impiegano due piccole locomotive semplici, o la locomotiva Fairlie a quattro cilindri: i due motori separati od il doppio motore pesano circa 20 tonnellate, sicchè il peso totale del convoglio in salita va fino a 108 tonnellate.

Quando non occorre far risalire più di 50 o 60 vagonetti vuoti, il peso del convoglio si riduce a 50 tonnellate circa, ed una sola piccola locomotiva è sufficiente per la trazione.

I convogli in discesa, non contenendo alcun vagone per ardesie e quasi nessuna merce, pesano da 22 a 24 tonnellate. La velocità dei convogli non può oltrepassare 20 chilometri all'ora.

I convogli si scontrano a mezza strada nella stazione detta Hafod-y-llyn in lingua gallica; la stazione è munita di un secondo binario oltre al principale, e ciò deve bastare per lo scontro di tre convogli, oltre a diverse manovre, che noi spiegheremo subito.

Ad ogni treno, che parte da Port-Madoc, corrisponde un convoglio che parte da Duffws dieci minuti dopo.

Generalmente un treno di 40 a 60 vagonetti d'ardesie parte da Duffws qualche minuto prima del treno viaggiatori; esso è guidato da due sole guardie, che saltano da un vagone all'altro per serrare i freni.

Questo treno entra il primo sul binario di sgombro, rallentando, ma senza fermarsi; le due guardie lasciano il posto a due altre, che saltano sui vagoni.

Intanto il treno ascendente entra nella stazione sul binario principale, e permette così al treno d'ardesie di continuare la sua corsa.

Siccome le locomotive debbono lavorare a tutta pressione in salita, e non hanno lavoro alcuno in discesa, fu

Digitized by Google

adottato il partito di distribuire il lavoro fra le due locomotive, disponendo che quella che parte da Port-Madoc (supponendo che si tratti d'un convoglio semplice) abbandoni il convoglio, nella stazione di scontro, alla macchina che discende da Duffws, e viceversa.

Perciò, appena il convoglio ascendente è entrato nella stazione, la locomotiva continua la corsa oltre allo scambia-via, e va a collocarsi sul binario di sgombro, sul quale passò appunto il treno di ardesie.

Il convoglio discendente è obbligato a fermarsi fuori della stazione, fino a tanto che la manovra sopra descritta sia compiuta. Allora la locomotiva è staccata dal treno; e continuando a discendere sul binario principale, va a prendere il treno ascendente.

Il convoglio discendente invece, guidato dal solo freno del vagone a bagaglio, è condotto sul binario di sgombro ed unito alla locomotiva che ritorna a Port-Madoc.

Se il convoglio ascendente era rimorchiato da due locomotive, allora una sola o ambedue ritornano a Port-Madoc, secondo il bisogno.

Tutte queste manovre, che probabilmente urterebbero coi regolamenti delle nostre ferrovie, si eseguiscono con meravigliosa precisione in minor tempo che non sia stato necessario per descriverle, in una stazione, come abbiamo detto, in pendenza ed in curva, e con due soli binarii, e malgrado che il convoglio ascendente abbia spesso almeno duecento cinquanta metri di sviluppo.

Notiamo ora che eccellente servizio sia quello organizzato sulla piccola ferrovia Festiniog, malgrado lo scarso numero di viaggiatori, che in media (30 per convoglio) occuperebbero appena una vettura delle ferrovie ordinarie. E tuttavia il servizio dei viaggiatori è lungi dall'esser costoso, poichè s'utilizzano i treni per merci; ma si sup-

Digitized by Google

pongano ridotti a quattro per giorno, in luogo di dieci, le opportunità offerte ai viaggiatori di servirsi della ferrovia, il numero di quelli si ridurrebbe subito a ben poca cosa; poichè, prendendo le scorciatoie, si farebbe ben più presto il tragitto a piedi, anzichè aspettare parecchie ore; tanto più che la popolazione della vallata intiera, che può trar vantaggio dalla ferrovia, compresa la piccola città di Port-Madoc, non arriva a 15,000 anime, ed essendo molto sparsa, anzichè raccolta in villaggi, a molte persone torna meglio servirsi delle strade ordinarie.

Il movimento delle ardesie, che è sempre il più importante, è tuttavia lungi dall'aver raggiunto tutto il suo sviluppo; e la piccola ferrovia basterebbe facilmente ad un movimento doppio, poichè cinque convogli al giorno, a 90 tonnellate d'ardesia cadauno, sono più che sufficienti per il bisogno attuale, che è appunto di circa 450 tonnellate, mentre certo non avvi difficoltà alcuna a stabilire almeno dieci convogli al giorno, senza neppur pensare ad un servizio notturno.

La ragion d'essere delle ferrovie a binario ristretto è certamente un movimento ristretto e gravi difficoltà di tracciato; ma siccome una delle più serie obbiezioni che si crede poter sollevare contro tali ferrovie, è appunto quella che in pochi anni riescir possono insufficienti a soddisfare i crescenti bisogni di quel maggior traffico che esse tendono a promuovere, non è certamente fuor di luogo d'insistere sopra il pratico insegnamento, che può ritrarsi dallo studio della ferrovia Festiniog, per mettere fuori di dubbio che una piccola ferrovia può bastare ad un movimento, che in molti casi non riesce a svilupparsi neppur in vent'anni.

Se sia quindi saggio partito quello di spendere ingenti somme, preoccupandosi più del futuro che del presente,

Digitized by Google

per costrurre ferrovie che per molti anni debbono riuscir passive, si vedrà meglio ancora confrontando la spesa di impianto nei diversi casi.

Esaminiamo ora le spese d' esercizio, contentandoci di dare i particolari dell'esercizio 1869, perchè parecchi degli esercizi precedenti, ed anche il successivo, sono gravati da forti spese d'acquisto di materiale mobile e di ruotaie del nuovo modello per rinnovare il binario, che non furono caricate al capitale, sicchè le spese d'esercizio propriamente dette presentano degli sbalzi, che ingannerebbero il lettore, anzichè offrirgli de' termini di confronto.

N.° d'ordine	NATURA DELLE SPESE	SPESA per chil.	SPESA per cento
1	Manutenzione — Mano d'opera . . . . . L. I.	825,00	7,03
	Provviste . . . . . »	577,50	4,95
2	Trazione — Salarii agli operaj addetti alle rimesse . . . »	756,50	6,48
	Materiali per riparazioni alle macchine . . . . . »	502,50	4,32
	Olio e cotone . . . . »	104,60	0,89
	Carbone per le macchine, compreso l'accendimento . . »	1,084,90	9,20
3	Personale — Capo-stazioni, facchini, guardasegnali, guardie, manovrafreni, macchinisti e scaldatori . . . . . »	3,383,90	28,98
4	Stipendii del personale superiore . . . . . »	756,00	6,48
5	Riparazioni al materiale mobile — Riparazioni dei vagoni per ardesie . . . . . »	1,403,60	12,05
	» delle vetture ed altri vagoni . . . . . »	551,00	4,72
	Olio e grasso . . . . »	305,00	2,61
	Carbone per le officine e per gli uffizi . . . . . »	356,00	3,05
6	Spese generali . . . . »	1,068,00	9,15
	Totale L.	11,674,50	100,00

Il sig. Spooner, ingegnere della linea, fa osservare che la Società ferroviaria somministra i vagoni per le ardesie e le merci a quindici cave, a cui si ha accesso per mezzo di trentatrè piani inclinati, e 22 chilometri di binario: i vagoni soggiornano lungo tempo fuori della linea, e sono soggetti a guastarsi rapidamente; sicchè non solo la ferrovia è costretta a provvedere un materiale considerevole, ma anche le spese di riparazione sono proporzionalmente più elevate che non sarebbero, se i vagoni non circolassero fuori della ferrovia Festiniog propriamente detta; e calcola l'eccedenza a 1000 lire circa per chilometro, sicchè la spesa totale d'esercizio per chilometro si ridurrebbe a 10,674 lire circa.

Il prodotto brutto chilometrico salì nel 1869 a lire it. 29,525, sicchè il rapporto delle spese d'esercizio al prodotto fu del 39 0|0.

Questo risultato straordinario non s'ottenne negli esercizi precedenti, le spese rappresentando generalmente dal 53 al 43 per 0|0 del prodotto brutto, i prodotti essendo però inferiori.

Notiamo inoltre che l' esercizio è gravato di parecchie passività, come imposte, diritti di passaggio sopra certi terreni ecc.

Il numero dei treni-chilometri fu di 73,000 circa, sicchè la spesa per treno-chilometro salì a L. 3,20: somma certamente non troppo elevata, se, oltre alle eccessive spese di riparazione, si pon mente che la ferrovia è tutta in salita, ciò che aumenta di molto le spese di trazione ed il consumo del materiale fisso e mobile.

A completare lo studio alquanto sommario di questa singolare ferrovia, sarebbe opportuno poter determinarne la spesa di costruzione; ma i dati necessarii o mancano completamente, o non sono resi di pubblica ragione. La linea esiste

Digitized by Google

da circa 40 anni, ma subì molte modificazioni, come fu accennato: fu aperta una galleria, allargate parecchie curve, fu trasformato tre volte il sistema di armamento, furono acquistate locomotive e vetture, oltre ad un numero sempre crescente di vagoni per le ardesie; e tutte le somme necessarie furono generalmente ottenute (all' infuori del primo capitale) per mezzo di frutti capitalizzati.

Possiamo dire, colla scorta del conto-reso delle ferrovie inglesi pubblicato dal *Board of Trade*, che il capitale primitivo saliva a lire it. 904,600, cioè a circa 45,230 per chilometro; e che le somme, capitalizzate in seguito e rappresentate da azioni, per miglioramenti del tracciato, rinnovazione del materiale fisso, acquisto di locomotive ecc., salgono a lire 1,250,000, cosichè il capitale attuale rappresentato da azioni è di L. 2,154,600, cioè L. 107,730 circa per chilometro.

La piccola ferrovia è inoltre gravata di un debito galleggiante di 440,000 lire circa (esercizio 1870): ciò che non impedisce di distribuire agli azionisti un dividendo, compreso l'interesse, del 12 p. 0|0 all'anno.

Chiunque abbia visitato la località attraversata dalla piccola ferrovia, ammetterà facilmente che una linea delle dimensioni ordinarie avrebbe dovuto sormontare difficoltà grandissime; e dal confronto col costo di linee costrutte vicino a Port-Madoc si può ritenere che non avrebbe costato meno di 400,000 lire per chilometro.

Limitando al 5 $\frac{1}{2}$ p. 0|0 l'interesse e l'ammortizzazione, ed ammettendo che, a prodotti eguali, le spese d'esercizio non avrebbero superato il 40 p. 0|0 del prodotto brutto, questo avrebbe dovuto fin da principio salire a 37,000 lire per chilometro.

La ferrovia Festiniog fu nel 1868 prolungata di 6 a 7 chilometri da una Compagnia avente carattere privato;

ma di tale prolungamento, come neppure di qualche altra ferrovia a binario ristretto costrutta nelle stesse vicinanze, non ci pare necessario far parola, dovendo invece ritornare all'argomento del nostro scritto, determinare le dimensioni più convenienti per una ferrovia a binario ristretto, e confrontare le spese di costruzione e d'esercizio con quelle d'una ferrovia ordinaria.

Che una ferrovia a binario ristretto possa bastare ai bisogni d'un traffico piuttosto considerevole, fu dimostrato dall'esempio della linea più rinomata, ed al tempo stesso di dimensioni minime; e non occorre citare centinaia di chilometri d'altre linee, che costituiscono delle reti complete, e delle quali ci limiteremo a dar qualche cenno più tardi.

Ammesso tuttavia che convenga ridurre la distanza fra le ruotaie, quale sarà il nuovo scartamento da preferirsi?

Il sig. Thirion, direttore della rete centrale della Società d'Orleans in Francia, ed il sig. Bertera, ingegnere delle miniere, i quali pubblicarono un libro (*), che non manca di valore, in cui descrivono la diramazione di 7 chilometri, detta di Mondalazac, per il trasporto di minerale di ferro, con binario di m. 1.10 da asse ad asse; propongono poi, per un'altra linea di 35 chilometri, un binario di m. 1.20, sotto pretesto d'impiegare locomotive più potenti.

Il binario della linea Festiniog, da asse ad asse, è di m. 0.655; e nelle officine di Crewe, appartenenti alla grande Società London and North-Western Railway, esistono parecchi chilometri di ferrovia a binario di m.0.495 appena, sulla quale corrono locomotive diremmo quasi microscopiche a cilindri interni.

(*) *Observations sur le projet de loi des Chemins de fer départementaux.* Paris, 1865.

Digitized by Google

Le nuove ferrovie progettate nelle Indie inglesi sono a scartamento di m. 1.00 circa tra le faccie interne, ossia m. 1.04 tra gli assi; nel Canadà, nell'America settentrionale, in Norvegia, in Russia, si sono già aperte parecchie linee con binario di m. 1.118.

Il binario della ferrovia da Torino a Rivoli ha m. 0.90 tra le faccie interne, ossia m. 0.95 tra gli assi delle ruotaie; quello della piccola linea di Broelthal, vicino a Colonia in Prussia, è di 0,79.

Gli esempi non mancano, chè anzi rendono più difficile la scelta.

Diciamo subito che, mentre avvi nulla d'assoluto nella scelta della larghezza del binario, riteniamo che una larghezza di m. 0.95 ad m. 1.00 fra gli assi, è la più conveniente: il maggior numero delle ferrovie costrutte a sezione ridotta non si scostano da questa dimensione, ed esporremo brevemente le ragioni della nostra preferenza.

Una leggera riduzione del binario, per esempio 20 o 30 centimetri, è condannata da sè stessa; poichè, mentre nel caso d'una ferrovia economica, la quale passi vicino ad una del sistema ordinario, riesce impossibile fra loro ogni comunicazione per lo scambio de' vagoni a carico completo, la piccola riduzione non è sufficiente ad assicurare quell'economia di costruzione e d'esercizio, che è il merito principale delle piccole ferrovie.

Una riduzione fortissima, per esempio m. 1.00 o quasi, obbliga ad ammettere, soprattutto per le vetture a viaggiatori, delle proporzioni non sanzionate dalla pratica acquistata dall'esercizio delle grandi linee. Così, mentre su queste la larghezza delle casse delle vetture varia fra m. 2.60 e m. 2.85, cioè fra $1\frac{4}{6}$ e $1\frac{5}{6}$ della larghezza del binario, offrendo quattro posti di prima classe sulla stessa fila, sulla Festiniog, per ottenere tre posti non troppo comodi, la

larghezza esterna è di m. 1.672, cioè più 2 $\frac{1}{2}$ di quella del binario; e quantunque le vetture siano sufficientemente stabili, come è abbondantemente dimostrato da parecchi anni d'esperienza, non è men vero che il loro movimento sarebbe più dolce, se fosse possibile aumentare la distanza fra le molle compagne.

Al tempo stesso nessuno vorrebbe proporre delle vetture a due posti per fila trasversale; sicchè, limitando il numero de' posti a tre, la larghezza delle casse non può esser inferiore a m. 1.60 almeno; e volendo conservare fra quella e la larghezza del binario un rapporto ad un dipresso eguale a quello che si riscontra sulle ferrovie ordinarie, si comprende facilmente che lo scartamento fra gli assi delle ruotaie deve esser di m. 0.95 all'incirca.

Accenniamo di volo che, quando il Governo delle Indie inglesi decise, or son due anni, di costrurre una immensa rete (che raggiungerà poco per volta circa 24,000 chilometri d'estensione) a sezione ridotta, in luogo del binario indiano (che, come abbiamo detto altra volta, è di m. 1.670 fra le ruotaie), molti valenti ingegneri furono consultati; e senza parlar di quelli che diedero un avviso sfavorevole ad ogni innovazione, chi propose un binario di 2 piedi 9 pollici (m. 0.838), e chi preferiva un binario di 3 piedi 6 pollici (m. 1.067) fra le ruotaie, e finalmente fu adottato un binario di 3 piedi 3 pollici (m. 0.991) fra le ruotaie, o m. 1.04 fra gli assi, fondandosi appunto sulla proporzione da mantenersi tra la larghezza del binario e quella delle vetture.

La distanza fra le ruotaie del Festiniog-railway fu sempre quella già adottata nelle cave; nè potevasi facilmente mutare quando s'introdussero le locomotive, per la stessa ragione che le prime ferrovie, su cui si fece correre la locomotiva, erano a binario di m. 1.50 circa, perchè tale

Digitized by Google

appunto era la larghezza del *tramway* su cui scorrevano i primi vagoni rimorchiati da cavalli.

Essendo invece in libertà di determinare la più conveniente distanza da preferirsi, la condizione che le vetture conservino certe dimensioni accettabili pare predominante, poichè le dimensioni dei vagoni per le merci possono variare fra più larghi limiti; ed in quanto alle locomotive, l'esempio stesso de' grandi risultati ottenuti sulle ferrovie ordinarie, e sulla piccola ferrovia Festiniog, non permette di dubitare, malgrado l'opposta opinione di molti, che sia possibile dar loro una forza di trazione più che sufficiente per un traffico moderato, mantenendo lo scartamento a m. 0, 95, od anche discendendo al disotto di tale misura.

Chi ha pazientemente seguito la discussione, che da parecchi anni s'agita intorno ai meriti ed ai difetti di un binario più o meno largo, avrà potuto avvedersi come eminenti ingegneri danno molta importanza ad una differenza di pochi centimetri in più od in meno, e pensano che la questione possa decidersi con cifre, diremmo quas con formole.

Noi crediamo che non si possa ragionevolmente spingere tant'oltre il calcolo, poichè moltissimi e troppo svariati sono gli elementi di cui bisogna tener conto; sicchè ci contenteremo di considerare una larghezza di binario di m. 0.95 come una media assai conveniente per le ferrovie economiche, ritenendo tuttavia che sia preferibile discendere al disotto di questa media, anzichè oltrepassarla.

Stabilito così il modulo delle nuove ferrovie, noi dobbiamo quasi rifare la strada, e determinare, almeno per approssimazione, il costo d'una diramazione, che dovremo supporre in condizioni tutt'affatto analoghe a quelle della

Digitized by Google

ferrovia ipotetica di 30 chilometri di sviluppo, della quale ci siamo studiati d'analizzare gli elementi, affine di fare il confronto fra i due sistemi.

Per quanto questo processo possa parer tedioso, è tuttavia inevitabile, se vuolsi uscire da quel circolo vizioso in cui fautori ed oppositori delle ferrovie a binario ridotto s'aggirano continuamente; noi citeremo infatti l'opinione di ingegneri che credono in quattro parole poter dimostrare che la riduzione del binario non produce sul costo di costruzione molto più di un migliaio di lire di risparmio per chilometro; altri invece vorrebbero quasi costrurre le nuove ferrovie per niente: esagerazioni egualmente biasimevoli, e nelle quali faremo ogni sforzo per non cadere.

Le ruotaie essendo collocate a m. 0. 95 di distanza, la lunghezza delle traversine in proporzione alle ferrovie ordinarie è ridotta a m. 1.60; e la distanza dalla ruotaia al ciglio esterno è determinata dalla necessità di rendere la massicciata stabile, malgrado l'effetto prodotto dal passaggio a grande velocità delle grosse locomotive.

L'ampiezza della massa di ghiaia a cadauna estremità della traversina è quindi ridotta da 75 a 57 centimetri circa, mentre però la larghezza del piano superiore dell'inghiaiamento, da ciglio a ciglio, sarebbe di 2.75, cioè in proporzione maggiore che per la ferrovia ordinaria.

Riducendo la profondità della ghiaia da 0.55 a 0.40 (quantunque generalmente si consigli di discendere a 0.30 ed anche meno), e conservando alla scarpa l'inclinazione di 3 a 2, la larghezza del terrapieno sarà per la piccola ferrovia

$$\text{m. } 0.95 + 2 \times \text{m. } 0.90 + 2 \times \text{m. } 0.40 \frac{3}{2} = \text{m. } 3.95;$$

mentre per la ferrovia a sistema ordinario, ma pur costrutta economicamente, fu dimostrato che tale larghezza

non può esser inferiore a m. 5.65: la differenza in favore del binario ridotto è quindi eguale a m. 1.70.

La sezione dei fossi di scolo potrebbe esser più piccola; ma desiderando d'evitare quelle economie che possono poi convertirsi in maggiore spesa, si può limitare a m. 1.15, in luogo di m. 1.30, la larghezza media da aggiungersi per lo scolo delle acque; sicchè il terrapieno misurerebbe m. 5.10 da ciglio a ciglio.

Il terreno occupato dalle stazioni riesce necessariamente minore, ma solo per la parte occupata dai binarii, e quasi nella proporzione delle larghezze rispettive dei piani stradali; ed ammettendo che una metà soltanto della superficie destinata alle stazioni (m. 2.30 per chilometro di via) sia suscettibile di riduzione, si dovrà aggiungere m. 1.90 o 2 alla cifra trovata più sopra, cioè m. 5.10, portando la larghezza media del piano superiore del terrapieno a m. 7 al più, anzichè m. 9.85, come si trovò necessario per una ferrovia sul sistema ordinario.

Noi possiamo già osservare che fra due ferrovie costrutte in terreno perfettamente piano, una con binario di m. 1.50, l'altra con binario di m. 0.95, ed ambedue con quel grado di solidità che compete alla loro importanza, la seconda richiederà circa 2850 m. q. di superficie in meno per chilometro.

Non trattasi tuttavia di costrurre ferrovie in paesi piani, ma, all'opposto, occorre penetrare in regioni sempre più accidentate; sicchè è mestieri esaminare quale influenza può la riduzione del binario avere, non solo sulla estensione della superficie da occuparsi, ma anche sull'importanza dei movimenti di terra e dei lavori d'arte.

Se il profilo del terreno perpendicolarmente all' asse stradale è ad un dipresso orizzontale, allora la zona da occuparsi per elevare un argine o praticare una trincea,

Digitized by Google

supponendo sempre che la pendenza delle scarpe sia di $\frac{2}{3}$, cresce di 3 metri per ogni metro di profondità; ma l'economia di superficie, che puossi ottenere adottando un binario ristretto, è *costante*, ed eguale alla differenza tra le larghezze medie del piano della strada sotto l'inghiaiamento, e perciò di m. 2.85 nel caso nostro.

Tale risparmio non è al certo spregevole, e meno ancora quello del movimento di terra corrispondente di m. 8.55 per metro corrente di ferrovia e per ogni metro di profondità dello scavo o del rilevato.

Ma già abbiamo osservato che la superficie di terreno da espropriarsi è molto più considerevole quando l'asse della ferrovia corre lungo un terreno inclinato trasversalmente; poichè poco giovano curve di piccolo raggio e forti pendenze per avvicinare il piano stradale alla superficie naturale del terreno, onde restringere la zona e diminuire il volume della terra da spostare. Ed affine di meglio far comprendere tutto il vantaggio, in tal caso, d'un binario ridotto, notiamo che, se si suppongono studiati contemporaneamente due progetti di ferrovia, uno per binario di m. 1.50, l'altro per binario di m. 0.95 attraverso lo stesso terreno, può avvenire che gli assi dei due progetti si sovrappongano, ciò che non avrebbe inconveniente alcuno in terreno piano, od almeno regolare perpendicolarmente all'asse comune; ma in terreni ondulati, sarebbe evidentemente un errore gravissimo quello di conservare lo stesso asse per i due progetti, poichè (come un po' di riflessione farà comprendere anche senza il sussidio di uno schizzo), affine di diminuire il volume dello scavo o del rialzo, e la superficie da occuparsi, dovrà l'asse della piccola ferrovia, sempre mantenendosi nel medesimo piano orizzontale coll' asse della ferrovia ordinaria (se altre ragioni non giustificano un cambiamento nell'altimetria),

Digitized by Google

spostarsi verso la parte elevata del terreno, se occorre elevare un terrapieno, o verso la parte depressa, nel caso d'una trincea.

Lo spostamento è sempre eguale alla metà della differenza fra le larghezze dei due piani stradali, cioè nella nostra ipotesi m. 1.00 circa: i raggi delle curve però sarebbero praticamente identici ne' due progetti.

Premessa questa osservazione, basterà ricordare che in terreno inclinato trasversalmente all'asse, la superficie ed il volume per metro lineare di ferrovia sono dati dalle due formole

$$L = \frac{2\,l}{2\text{-}3 \text{ Tang. } i} \qquad V = \frac{2\,l^2}{2\text{-}3 \text{ Tang. } i}$$

e se indichiamo con l, L, V la larghezza del piano stradale, quella della zona da occuparsi e il volume di scavo (o di rialzo) per metro lineare per la ferrovia a grande sezione, e col l', L', V' le stesse quantità per la ferrovia a sezione ridotta, essendo l'angolo i, cioè l'inclinazione del terreno, evidentemente la stessa per i due profili, si otterrà

$$\frac{L'}{L} = \frac{l'}{l}, \qquad \frac{V'}{V} = \frac{l'^2}{l^2}$$

cioè in terreno inclinato perpendicolarmente all' asse, la superficie da espropriarsi varia in ragione della larghezza del piano stradale, e non già come la differenza tra la larghezza dei due piani, ed il volume della terra da spostarsi varia come il quadrato della larghezza anzidetta; ossia, applicando le formole al caso nostro, la zona varierebbe nel rapporto di 7 a 9.85, ed il volume nel rapporto di 49 a 97.

Una riduzione di circa un terzo sulla superficie da acquistarsi, e della metà sul volume dei trasporti di terra basterebbe a permettere un' economia tale sul costo di

Digitized by Google

costruzione d'una ferrovia, che ogni altra considerazione per preferire l'uno all'altro sistema sarebbe superflua.

Riconosciamo tuttavia che sarebbe una pura e semplice illusione lo sperare un tale risparmio di terreno e di lavori sull' intiero sviluppo di 30 chilometri, ad esempio, tale essendo appunto la lunghezza della ferrovia ipotetica che andiamo studiando.

Nelle regioni facili, il risparmio, quantunque considerevole, sarà ad ogni modo minore; sicchè dobbiamo ritenere come un limite massimo le differenze calcolate colle formole.

Al tempo stesso occorre notare che i due tracciati avrebbero ad un dipresso lo stesso asse, e perciò curve dello stesso raggio; ma evidentemente, a meno di perder di vista uno de' pregi principali delle ferrovie a binario ristretto, che è appunto quello d'ammetter curve di piccolo raggio senza aumentare la resistenza dei convogli alla trazione, l'ingegnere incaricato di studiare due progetti con binario differente, diminuirà il raggio delle curve per la piccola ferrovia, almeno ogni volta che, così facendo, il tracciato accostandosi sempre più alla superficie naturale del suolo, meno importanti riescono l' espropriazione ed i movimenti di terra, senza parlar per ora della maggior latitudine per evitare proprietà costose, ponti obliqui, gallerie ed altre fonti di grave dispendio.

La resistenza, che un veicolo deve superare a cagione del parallelismo delle sale, mentre passa in una curva, è direttamente proporzionale alla diagonale del rettangolo, i cui vertici sono determinati dal punto di contatto delle quattro ruote, ed inversamente al raggio della curva.

Diminuendo la distanza fra le sale, decresce perciò la resistenza al passaggio nelle curve; però la stabilità del veicolo nelle porzioni rettilinee è tanto minore, quanto più

le sale sono ravvicinate. Sicchè non puossi accettare facilmente l'avviso di molti ingegneri, quantunque eminenti, che non sia necessario diminuir la distanza fra le ruotaie, affine di poter introdurre raggi piccoli, bastando secondo essi, costrurre il materiale mobile con le sale molto vicine, evitando così gl'inconvenienti di due binarii distinti; poichè, a parte altre gravi ragioni, a che giova mantenere la stessa larghezza di binario anche per le ferrovie economiche, se poi il materiale delle grandi linee non potrebbe circolarvi affatto, o solo a stento, logorando sè stesso e le ruotaie nelle curve?

Mantenendo invece per i veicoli destinati ad una ferrovia a binario ristretto lo stesso rapporto, che si riconosce più conveniente sulle grandi linee, curve di raggi proporzionali alla distanza (interna) fra le ruotaie offriranno la stessa resistenza alla trazione; sicchè nel caso nostro, se ammettesi che eccezionalmente possa tollerarsi un raggio di 120 metri sopra una ferrovia a scartamento normale, si potrà discendere fino a 75 metri sopra una ferrovia a binario di m. 0.90 fra le ruotaie, mentre sopra questa un raggio di 120 metri equivarrebbe, in quanto alla resistenza opposta ai veicoli, ad un raggio di 192 metri sulla ferrovia normale.

Non è possibile con formole rappresentare il vantaggio di curve di 75 metri per diminuire la superficie occupata e il volume degli sterri e dei rilevati: esso è tuttavia evidente, e tanto maggiore, quanto più tormentato è il terreno; poichè è ben noto quante altre difficoltà si possono sormontare senza spesa, quando è permesso di far piegare l' andamento planimetrico, riducendo la lunghezza delle gallerie, se non s' evitino affatto, attraversando i torrenti ad angolo retto e ne' siti più propizi, spesso utilizzando i ponti esistenti, dei quali la piccola fer-

Digitized by Google

rovia non ha d'uopo di occupare più di m. 2.70 a m. 3.00, avvicinando la ferrovia agli abitati senza necessità di costose demolizioni, sicchè si possono collocare le stazioni in punti assai convenienti, toccando all'occorrenza edifizi industriali, o cave che debbonsi allacciare alla linea per mezzo di corte diramazioni.

Là dove poi non avvi necessità di diminuire il raggio delle curve, la piccola ferrovia possiede nondimeno un gran vantaggio sull'ordinaria, poichè quella curva, il cui raggio è minimo per questa, è ampia e facile per quella, sicchè le ruotaie ed i cerchioni non sono così soggetti a rapido consumo, e le spese d'esercizio sono mantenute fra limiti ragionevoli.

Si potrebbe, in verità, suggerire dagli oppositori ad ogni riduzione del binario, d'adottare quei sistemi ammessi per ora quasi esclusivamente sulle ferrovie americane, e che permettono di passare in curve strettissime con vetture e con vagoni di dimensioni enormi, col sussidio di carretti mobili; ma, quand'anche si volesse introdurre tale innovazione, sarebbe inammissibile là dove il movimento è scarso, poichè vagoni corti riuscirebbero costosissimi; e per ultimo, se il sistema è buono, non sarebbe egli migliore accoppiato ad una riduzione nella larghezza del binario, che sola può permettere una grande economia nella costruzione del corpo stradale?

L'economia di terreno, che si può realizzare nel caso d'una ferrovia a binario ristretto, varia evidentemente in ogni caso particolare; ma, avendo ammesso che per una diramazione di 30 chilometri di ferrovia ordinaria, in regioni moderatamente accidentate, la larghezza media della zona occupata non possa esser inferiore a 25 metri, ci pare che si resterà ampiamente ne' limiti del probabile se si suppone che una ferrovia a binario ristretto per-

Digitized by Google

metta un risparmio di terreno così calcolato: per un terzo dell'intiero sviluppo un risparmio eguale alla differenza tra le larghezze de' piani stradali, cioè m. 2.85, laddove la conformazione del terreno è regolare; per un altro terzo, un risparmio del doppio della differenza suaccennata, cioè m. 5.70, laddove conviene adottare curve di minor raggio; e per l'ultimo terzo, un risparmio proporzionale alle larghezze stesse: sommando insieme i tre risparmi parziali, si trova che la zona media non avrà più di m. 19.75 di larghezza.

L'economia salirebbe quindi a m. 5.25, ossia il 21 0|0, od in altre parole, a 5250 metri quadrati per chilometro; ed il prezzo d'acquisto essendo sempre supposto di 12,000 lire per ettaro (quantunque assai ragionevolmente debbasi credere che le spese per compensi, litigi, prezzi d'affezione per giardini ecc. decrescerebbero, riducendosi l'estensione della superficie da espropriarsi), il risparmio in denaro salirebbe a lire 6300 per chilometro, discendendo la spesa per i terreni da 28,000 a 21,700 lire per chilometro.

Il volume totale de' movimenti di terra subirebbe una diminuzione molto più rapida, che ha per limite la metà del volume de' lavori necessarii per la ferrovia ordinaria. Supponendo tuttavia che la riduzione sia appena d'un terzo circa, il cubo discenderebbe da 20,000 a 13,500 circa, ed il risparmio sulla spesa non sarebbe inferiore ad 8500 lire per chilometro.

Le opere d'arte, tanto ordinarie, che straordinarie, sono pure più economiche, quando è questione d'una ferrovia a binario ristretto di m. 0.95, anzichè d'una ferrovia a binario di m. 1.50.

La larghezza libera fra i parapetti de' ponti *sotto* la ferrovia può essere ridotta da 4 a 3 metri; economizzando

Digitized by Google

tanto nella costruzione delle pile e delle spalle, quanto in quella dell'arco o della travata.

Non può tuttavia negarsi che leggera sia la diminuzione di spesa per le spalle e le pile, poichè quasi nulla può risparmiarsi sulla spesa d'impianto delle fondazioni, che è talvolta elevatissima.

Più considerevole invece è il risparmio nella costruzione dell'arco, se il ponte è intieramente in pietra o mattoni; più ancora se, come è oggi spesso il caso, la ferrovia è sopportata da una travata in ferro, perchè le dimensioni di tutti i pezzi diminuiscono col decrescere del sopraccarico accidentale; ed i pezzi trasversali poi, i quali costituiscono una frazione considerevolissima del peso totale della struttura, potendo, secondo il tipo prescelto, esser d'un quarto più corti, non peseranno, per una ferrovia economica, più della metà che per una ferrovia ordinaria.

La diminuzione di spesa per i ponti *sopra* la ferrovia è molto più considerevole, poichè non solo la larghezza libera si può ridurre da 4 a 3 metri, ma l'altezza libera sopra il piano delle ruotaie può ridursi da m. 4.80 a m. 3, pur lasciando fra l'orlo superiore del cammino delle macchine e l'intradosso uno spazio di m. 0.60, come sulle ferrovie ordinarie.

L'economia in tal caso è doppia; perchè non solo, tanto la larghezza del cavalcavia fra le spalle, quanto la sua altezza sono di molto inferiori a quelle imposte sopra una ferrovia a binario di m. 1.50, ma gli accessi riescono molto più facili, con risparmio ne'movimenti di terra, oltre a quello nella costruzione del cavalcavia stesso.

Nel determinare approssimativamente il prezzo medio per chilometro d'una ferrovia a scartamento ordinario, fu prevista la spesa per un ponte viadotto di 120 metri di lunghezza e per una galleria di 500 metri.

Digitized by Google

Supponendo che, in luogo della ferrovia ordinaria, vogliasene adottare altra a scartamento ridotto, si può diminuire alquanto la spesa del ponte viadotto, la cui larghezza fra i parapetti sarebbe inferiore a quella necessaria per la grande ferrovia.

Però il risparmio principale nel maggior numero de'casi (ed è bene ricordare che s'hanno in vista ferrovie di montagna) s'otterrebbe riducendo la lunghezza del ponte, collo scegliere un sito più favorevole, permettendolo generalmente il minimo raggio ammissibile sopra una ferrovia di m. 0.95, mentre l'ingegnere è assai più inceppato nel determinare l'andamento della ferrovia, quando è obbligato a limitare a 150 metri, o poco meno, il raggio minimo delle curve.

Assai considerevole è l'economia che s'otterrebbe sulla spesa prevista per la galleria; poichè, in primo luogo, grazie alla facilità che possiede in grado eminente la piccola ferrovia, di piegarsi secondo richiede la conformazione del suolo, le gallerie possono assai sovente evitarsi, e si può dire, in ogni caso, ridurre in lunghezza almeno.

Ma, quand'anche ciò non fosse possibile, la galleria a piccola sezione sarà considerevolmente meno costosa della galleria a grande sezione; poichè, non solo il volume della roccia da rompersi colle mine e da trasportare decresce rapidamente in ragione dell'apertura (da 24 metri cubi a 12 al più per metro corrente), ma il rivestimento in muratura, laddove è necessario, si riduce quasi nelle stesse proporzioni, tenendo conto dello spessore meno considerevole, oltre al minor suo sviluppo.

Le difficoltà eccezionali poi, come frane o strati d'acqua, che spesso sfidano la previdenza dell'ingegnere, ed aumentano considerevolmente la spesa, hanno tanto minor effetto, quanto minore è la massa di materia, che si deve spostare.

Digitized by Google

L'economia sulla spesa per le opere d'arte, che si può ottenere adottando il binario ridotto, non è inferiore al 10 0[0 per le opere ordinarie, ed al 30 al 40 0[0 almeno per quelle straordinarie: cioè lire 500 per le prime, e da 3500 a 4700 per le seconde, od in media 4600 lire per chilometro per le due categorie di manufatti.

Siccome però, calcolando il costo chilometrico della ferrovia ordinaria, la spesa per metro corrente di galleria fu ridotta al limite più basso, che le circostanze più favorevoli permettono in pochissimi casi di raggiungere, così generalmente l'economia sarebbe assai più considerevole ne'casi più frequenti, in cui una galleria larga da 4 a 5 metri costa almeno 1200 lire per metro lineare; in terreni difficilissimi poi, o s' abbia a contendere con certe qualità d'argilla, che, esposte all'aria, gonfiano con forza quasi irresistibile, o con sabbie mobili, o con roccie durissime, il prezzo per metro lineare può oltrepassare le 3000 lire, cioè quasi nove volte la somma prevista.

La quantità di ghiaia per metro lineare di ferrovia a piccola sezione (la larghezza fra gli spigoli superiori essendo di metri 2.75, e la profondità dello strato di 0.40) è di m. c. 1.40 a m. c. 1.50 al più, e secondo molti ingegneri potrebbe considerevolmente ridursi; ma, come abbiamo già notato, un buono strato di ghiaia sotto le traversine è indispensabile, tanto alla solidità, come alla conservazione del binario in buone condizioni.

L'economia sarebbe di m. c. 1.30 di ghiaia per metro lineare, o 3900 a 4000 lire per chilometro.

Sul capitolo casotti di guardia, siepi e cancelli, non si può generalmente sperare alcuna economia dipendente dalla larghezza del binario.

La spesa per le stazioni può essere ridotta alquanto, poichè, quantunque il fabbricato per i viaggiatori possa

Digitized by Google

esser egualmente semplice nei due casi, tuttavia la strada ferrata economica non richiede marciapiedi, perchè il tavolato delle vetture è sollevato di m. 0.70 appena sopra il piano delle ruotaie, e le tettoie per le merci (compresi i piani scaricatori) sono, per ragioni analoghe, assai meno importanti: la riduzione della spesa può facilmente salire al 10 0[0.

Egual riduzione di spesa, se non più forte, si ottiene sulle rimesse per le locomotive e le vetture, ed anche sulgli edifizi destinati all'officine di riparazione.

Parlando dell' armamento della ferrovia ordinaria, ci siamo studiati di metter in mostra quanto infondata fosse l'opinione dei partigiani delle ferrovie secondarie a sezione normale, i quali sostengono che la più considerevole economia può ottenersi adottando un armamento leggero.

Riducendo la larghezza del binario a m. 0.95, il peso delle locomotive discende forzatamente a 7 od 8000 chilogrammi per ogni sala al più, per quelle a quattro ruote, e meno ancora se a sei ruote: il peso massimo sopra la sala di un vagone da 6000 si riduce a 4000 chilogrammi.

È perciò possibile adottare delle ruotaie più leggiere, senza nuocere alla rigidità dell'armamento; ma, lungi dal suggerire ruotaie che pesino appena 10 o 12 chilogrammi per metro, come molti ingegneri propongono, noi crediamo invece che non si debbano ammettere ruotaie al disotto di 20 a 22 chilogrammi, secondo che il legno per le traverse è più o meno abbondante nelle vicinanze della ferrovia progettata.

Le traversine sono più corte non solo, ma di sezione più piccola per la ferrovia economica: esse costano perciò assai meno che per la ferrovia ordinaria, perchè il legno è meglio utilizzato.

Digitized by Google

Tenendo conto del minor costo degli accessorii e della mano d'opera, la spesa per l'armamento di un chilometro di ferrovia economica sarebbe ad un dipresso il seguente:

1111 traverse (m. 1.60 × 0.20 × 0.11) a lire 1,80					L.	2,000
42000 chilog.	di ruotaie	a lire	0,26	il chilog.	»	10,920
1400 »	di stecche	»	0,31	»	»	440
300 »	di viti	»	0,42	»	»	130
800 »	d'arpioni	»	0,36	»	»	280
	Totale provvista di materiali				L.	13,770
Mano d'opera					»	1,130
Totale per un chilometro di binario					L.	14,900

Aggiungendo il 12 0|0 per i binarii delle stazioni, e L. 500 per chilometro per scambi e incrociamenti, la spesa dell'armamento salirà in media a L. 17,200 circa; e l'economia in confronto di una strada ferrata ordinaria, armata con ruotaie di 30 chilogrammi appena, sarà di lire 10,800 per chilometro almeno. E sarà bene notare che il prezzo unitario per le ruotaie e per gli accessorii della piccola linea fu supposto alquanto più elevato che quello per la gran linea, perchè effettivamente i ferri di piccole dimensioni sono di poco più cari degli altri.

Nessuna economia potrebbe ottenersi sui segnali, se imposti.

Le piattaforme girevoli potrebbero facilmente sopprimersi, perchè gli scambi completi delle piccole linee non occupano più di 35 a 40 metri di lunghezza, e sono assai più convenienti per unire i binarii paralleli, se non fa difetto lo spazio. Ad ogni modo poi, le piattaforme per le piccole ferrovie sarebbero considerevolmente a miglior

Digitized by Google

mercato che quelle per il binario di m. 1.50, e si potrebbero vantaggiosamente adottare piattaforme di ferro fuso.

Il capitolo per i segnali e le piattaforme può quindi ridursi alla metà.

Nessuna economia sull'impianto del telegrafo può ottenersi sopra una ferrovia economica.

Le spese di studio e di sorveglianza per una piccola ferrovia suscettibile di adattarsi alla conformazione naturale del terreno, sono minori che quelle per una ferrovia ordinaria; tuttavia l'economia non può esser considerevole, e basterà supporla del 10 0|0.

Le spese d'Amministrazione e l'ammontare dell'interesse durante la costruzione possono essere inferiori per una piccola ferrovia, soprattutto perchè la durata dei lavori è considerevolmente minore, e perchè è presumibile che molte questioni, quelle specialmente cagionate dall' espropriazione forzata, si possano risolvere amichevolmente, meno gravi essendo le perturbazioni che il tracciato di una piccola linea può cagionare agli interessi privati.

Tuttavia si può conservare la proporzione dell' 1 0|0 per le spese d'amministrazione, e del 7 0|0 per l'interesse del denaro durante la costruzione.

L' ammontare delle spese per capitolo è riassunto nel quadro seguente, ripetendo pure in apposita colonna le stesse spese per una ferrovia a scartamento di m. 1.50.

È appena necessario ricordare che le cifre di questo quadro non hanno un valore assoluto, ma servono a dimostrare come variano gli elementi della spesa in condizioni medie.

Digitized by Google

NATURA DELLE SPESE	Ferrovia a scartamento di m. 0.95		Ferrovia ordinaria	
	Ammont.	p. 0/0	Ammont.	p. 0/0
Acquisto dei terreni . . . L.	21,700	21,7	28,000	30,1
Movimenti di terra . . . »	17,500	17,5	26,000	18,7
Opere d'arte ordinarie . . »	4,500	4,5	5,000	3,6
» » straordinarie . »	7,700	7,7	11,800	8,5
Ghiaia . . . . . »	5,100	5,1	9,000	6,5
Casotti, siepi, cancelli . . »	4,000	4,0	4,000	2,9
Stazioni . . . . . »	7,200	7,2	8,000	5,7
Rimesse . . . . . »	1,350	1,3	1,500	1,1
Armamento . . . . . »	17,200	17,2	28,000	20,1
Segnali e piattaforme . . »	400	0,4	800	0,6
Telegrafo e spese diverse . »	600	0,6	600	0,4
Spese di studio e personale »	5,400	5,4	6,000	4,3
Totale L.	92,650	92,6	128,700	92,5
Spese d'amministrazione ed interessi . . . . . »	7,450	7,4	10,300	7,5
Totale generale L.	100,100	100,0	139,000	100,0

L'economia, che si può ottenere sostituendo al binario di m. 1.50 un altro di 0.95, è quindi del 27 p. 0/0 almeno sulla spesa di costruzione, in ogni caso, mentre in molte circostanze il risparmio sarebbe ben più considerevole, senza mai esagerare a bello studio le condizioni di tracciato.

Se, ad esempio, la galleria di 500 metri costa in grande sezione lire 1000 al metro, e adottando il binario ridotto con curve strette se ne può ridurre la lunghezza a 300 metri, e la spesa a 700 lire per metro, gli altri elementi non essendo modificati, l'economia per chilometro non sarebbe inferiore a 46,000 lire.

Non tutti gli ingegneri sono disposti ad ammettere che la differenza fra il costo di costruzione d' una ferrovia a scartamento ordinario, in terreno mediocremente acciden-

tato, destinata ad un traffico leggero, e per la quale sonosi perciò ammesse tutte le ragionevoli economie, tanto nell'ampiezza dei terrapieni, quanto nell'armamento e nelle stazioni, ed un' altra ferrovia a scartamento ridotto, armata però con ruotaie relativamente pesanti, possa ascendere al 27 0|0 (senza tener conto delle spese impreviste); ed affermano invece che la differenza in favore della piccola ferrovia non può ascendere a più del 2 o 3 0|0 della somma necessaria per una ferrovia a grande sezione.

Probabilmente a tale conclusione essi giungono dopo uno studio troppo superficiale delle differenze di tracciato e di profilo tra i due sistemi di ferrovie, e troppo confidando in certi estimi preventivi, che fanno sperare di mantenere fra 90 e 100 mila lire il costo d'una ferrovia ordinaria, malgrado che l' esperienza smentisca quasi sempre tali calcoli.

Citiamo ad esempio il sig. Varroy, già nominato parlando della spesa di costruzione delle ferrovie dell'Alsazia, il quale, in un opuscolo intorno a certe ferrovie secondarie progettate in Francia, si sforzò di dimostrare che l'economia probabile, adottando il binario ridotto, sarebbe stata tanto piccola, che sarebbe cosa assurda il tenerne conto (*).

Il sig. Varroy è decisamente avversario delle piccole ferrovie, perchè non solo attribuisce una grande importanza all'uniformità di binario, ma specialmente perchè non ammette, come accennammo, che il binario ridotto permetta alcuna sensibile economia.

(*) *Note sur les Chemins de fer départementaux ou d'intérêt local dans le département de la Meurthe, leur utilité, la largeur de voie à adopter ecc.;* par H. Varroy, ingénieur des ponts et chaussées. Paris, 1866.

Digitized by Google

Ed ecco in qual modo crede di dimostrare quanto afferma, confrontando una ferrovia a binario di m. 1.10 con altra a binario di m. 1.50.

Adottando lo scartamento ordinario, la larghezza della zona di terreno sarà di *quaranta centimetri* più larga che per una ferrovia a binario di m. 1.10; cioè l' eccedenza di superficie sarà di *quattro ari* per chilometro, valutati a lire 50 per aro, poichè le *indennità d' espropriazione* non mutano: quindi maggiore spesa per chilometro L. 200.

Ammettendo che il volume dei movimenti di terra sia di 5 metri cubi per metro lineare per la piccola ferrovia, l'allargamento di m. 0.40 imporrebbe un *aumento di volume di m. c.* 0.28, o *m. c.* 0.30 appena, ossia per chilometro (a lire 1.70 per metro cubo) un aumento di spesa di lire 500.

Se le opere d'arte della piccola linea costano da lire 4000 a 8000 per chilometro (secondochè s' incontra o meno un gran ponte), basterà *allungarle fra le spalle* di 0.40 per adattarle alla gran linea, le spalle essendo *le stesse* nei due casi, e sempre la parte più costosa.

L'aumento di spesa non è valutato a più di 1|20, ossia per chilometro da lire 200 a 400.

La maggiore spesa per la sottostruttura è quindi valutata dal sig. Varroy a lire 900 o 1100 per chilometro al più.

Ma non è egli evidente che le dimensioni trasversali del profilo diminuiscono ben di più che della semplice differenza fra i binarii?

Per qual ragione le sporgenze delle traversine esternamente alle ruotaie saran le stesse nei due casi, e la stessa distanza fra la ruotaia ed il ciglio del terrapieno, e le stesse le spalle per ponti di diversa ampiezza?

Se il confronto da noi stabilito precedentemente fra le

Digitized by Google

dimensioni di due ferrovie non convince abbastanza il lettore, si consultino le ferrovie esistenti, e si ricordi l'esempio della ferrovia Festiniog, sulla quale la larghezza libera minima è di m. 2.40, mentre sulle ferrovie ordinarie è di m. 4.00.

Chi si dia la pena di far qualche schizzo, potrà rendersi facilmente conto delle differenze tra i profili delle due ferrovie messe a confronto.

Neppure il vantaggio di poter ridurre il raggio delle curve è apprezzato dal sig. Varroy, il quale trova che, adottando *locomotive speciali* a due sale, e in fin dei conti anche a tre sale, si possono ammettere curve di 90 a 100 metri di raggio; se poi le curve di piccolo raggio sono moltiplicate al punto da rendere difficile e costoso l'impiego dei vagoni ordinarii, il sig. Varroy non esita a consigliare vagoni speciali. Ma, come già fu osservato, qual vantaggio si ottiene mantenendo l' uniformità di binario, mentre s'è costretti ad escludere l'impiego del materiale mobile delle linee a grande sezione?

L'economia più considerevole, secondo il sig. Varroy, s'ottiene sulla superstruttura, cioè l'inghiaiamento e l'armamento della linea.

Ma neppur su questo capitolo egli è disposto ad ammettere la superiorità della piccola linea.

Egli, citando le prime ferrovie costrutte, consiglia di adottare ruotaie di 20 chilogrammi per metro, la distanza fra le traversine essendo ridotta a 0.85 invece di m. 1.00, e limitando il carico sulle sale delle locomotive a 7 od 8000 chilogrammi; e trova che, in confronto d'una ferrovia armata di ruotaie a 35 chil. il metro, l' economia salirebbe a lire 12,000 per chilometro.

La quantità di ferro sarebbe ridotta di 30,000 chilogrammi, e, secondo i prezzi, il risparmio potrebbe salire

Digitized by Google

a lire 8,000 circa: che s'ottengano altre 4,000 lire di risparmio sugli accessorii, le traverse e la ghiaia, è alquanto difficile a comprendere, tanto più che il numero delle traverse è aumentato.

Si sono già accennati gli inconvenienti di un armamento troppo leggero; e si può inoltre notare che le locomotive anche a tre sale, di 24 tonnellate di peso e per lo scartamento ordinario, non sono gran fatto più potenti, delle locomotive più leggiere e per un binario ristretto; poichè, nel primo caso, le sale e tutti i pezzi trasversali, perchè lunghi, non possono esser alleggeriti senza pericolo d'accidenti; nel secondo caso invece, tutte le parti della locomotiva riescono meglio proporzionate alla forza della medesima, la caldaia conservando il massimo diametro compatibile colla larghezza del binario; sicchè anche indirettamente troviamo un nuovo argomento contro le ferrovie a traffico limitatissimo, e costrutte a sezione ordinaria.

Il sig. Varroy, invece, persuaso che ruotaie di 20 chilogrammi convengano perfettamente ad una strada ferrata a scartamento ordinario, si domanda se la riduzione del binario permetterebbe una maggior economia, e trova che sulle traverse l' economia sarebbe di lire 500 e sulla ghiaia (m. c. 100 a lire 3,50) 350 lire; ed aggiungendo 6 0|0 per i doppi binarii nelle stazioni, l'economia totale sarebbe di lire 900 appena per chilometro, ritenendo che le traversine siano ridotte in lunghezza di m. 0.40 appena, e colla medesima sezione trasversale, sicchè anche la larghezza del prisma di ghiaia sarebbe solo diminuita di 0.40; mentre invece per un binario di m. 1.10, la lunghezza delle traversine dovrebbe esser ridotta di m. 0.70 almeno, e la loro sezione di circa un terzo. L' ampiezza dello strato di ghiaia dovrebbe essere ridotta di m. 0.90 a m. 1.00, senza compromettere in alcun modo la soli-

Digitized by Google

dità della piccola ferrovia, anzi conservando anche su questo punto le debite proporzioni fra i due sistemi; ed allora si troverebbe che il risparmio salirebbe a lire 3000 almeno per chilometro, e riducendo la larghezza del binario a m. 0,95, come abbiamo proposto, l'economia sarebbe alquanto più considerevole.

Il sig. Varroy ammette tuttavia che, sopra una strada ferrata a binario ristretto, il peso delle ruotaie potrebbe essere ancor diminuito, sicchè ne risulterebbe (secondo il suo ragionamento) un'economia di 1500 a 1800 lire per chilometro al più.

Il modo d'argomentare del sig. Varroy è quello seguito da tutti gli avversari delle piccole ferrovie; e perciò doveva esser citato, senza che però stimiamo necessario di far meglio risaltare l'insussistenza delle ragioni addotte, parendoci che il confronto stabilito fra la spesa richiesta per due ferrovie secondo i due sistemi in opposizione, e capitolo per capitolo, basti a stabilire in quali limiti un sistema sia più vantaggioso dell'altro, e senza pretendere di fissare delle regole assolute incompatibili nei casi pratici.

Quantunque il confronto tra il costo di opere della stessa natura in paesi assai lontani debba accettarsi con cautela, poichè può succedere, ed è anzi probabilissimo, che il prezzo delle diverse unità, come l'ettaro di terreno, la giornata degli operai, i materiali da costruzione o, se si vuole, il *valore* del denaro varii assai fra i due paesi, senza neppur tener conto della differenza tra le materiali difficoltà della stessa natura, non ci pare fuor di luogo il dimostrare con un esempio come l'estimo ipotetico, che abbiamo dato, del costo d'una ferrovia a binario ristretto debba considerarsi piuttosto come troppo elevato, anzichè al disotto del vero, essendoci proposti d'evitare quelle esagerazioni che, invece di dar forza alle opinioni espresse,

Digitized by Google

siamo persuasi riuscirebbero a screditare, od almeno a far guardare con sospetto, il sistema che noi suggeriamo.

Il miglior esempio, che crediamo poter offrire al lettore, è quello delle ferrovie norvegesi a binario ristretto (a m. 1,06 fra le ruotaie), non solo perchè queste costituiscono attualmente il sistema più esteso e completo di ferrovie economiche in Europa, creato in presenza di ferrovie a sistema ordinario, che l' esperienza giudicò rovinose; ma ancora perchè grande onore è dovuto all'ingegnere Pihl, il quale, incaricato di studiare i progetti di diverse linee e di dirigerne la costruzione, non solo riuscì a costrurre per 91,500 lire circa una ferrovia a scartamento ordinario, e compreso il materiale mobile, mentre le prime linee progettate da R. Stephenson costarono non meno di 183,600 lire per chilometro; ma convinto della necessità di ridurre a proporzioni ancora più modeste il capitale necessario per altre linee, il cui prodotto probabile sarebbe stato troppo scarso per giustificare la spesa già moderata di 91,500 lire per chilometro, studiò nei più minuti particolari, e, malgrado i pregiudizi esistenti, ebbe la fortuna di far accettare, le ferrovie a binario ridotto, tanto per il trasporto de' viaggiatori, che per le merci, quando ancora la ferrovia Festiniog non godeva di alcuna rinomanza, e quando nessun esempio esisteva di ferrovie costrutte a binario ridotto nello scopo di diminuire tanto le spese d'impianto, quanto quelle d'esercizio. Sicchè maggior lode merita l' ingegnere Pihl per aver saputo introdurre un'importante innovazione, senza lasciarsi sgomentare dalle obbiezioni che la novità delle sue idee doveva certamente sollevare; e se il nome di questo distinto ingegnere, intento unicamente ad aumentare la prosperità del suo paese, proporzionandone i mezzi di trasporto ai bisogni per ora limitati, fosse stato da più lungo

Digitized by Google

tempo conosciuto, mentre la necessità di saper costruire strade ferrate con maggior economia che per il passato si fa dappertutto sentire, nessuno avrebbe osato arrogarsi in certo modo la paternità delle ferrovie a binario ridotto, pretendendo averne scoperti i meriti e le virtù, e condannando senza eccezione quanto fu fatto dall'introduzione delle ferrovie in poi (*).

La larghezza di binario adottata dall'ingegnere Pihl è di 3 piedi e 6 pollici inglesi, cioè m. 1,07 circa; le ruotaie pesano da 19 a 22 chilogrammi per metro, sistema Vignoles; le traversine sono lunghe m. 1.72; il piano stradale è largo 4 metri sotto lo strato di ghiaia, e 2.55 all'altezza delle ruotaie, mentre la massicciata non ha meno di m. 0.45 di profondità.

I ponti sono frequentemente in legno, comprese le palate; altre volte il tavolato è in ferro su pilastri di pietra, e le accidentalità del suolo rendono tali opere d'arte assai frequenti. Sulle prime linee costrutte s'incontrano ponti in ferro di 86 metri di lunghezza, e viadotti in legno lunghi 144 metri, ed altri circa 20 metri.

(*) Questa osservazione alquanto severa ci è suggerita dalle pretese del sig. Fairlie, ingegnere inglese, già citato parlando del Festiniog Railway, il quale vorrebbe essere stato il primo a dimostrare i vantaggi delle ferrovie a scartamento ridotto, e non esita a chiamare *scartamento Fairlie* quello di 3 piedi inglesi (m. 0.915), al quale egli dà il peso della sua *autorità*. Le esagerazioni del sig. Fairlie, il quale crede di aver dimostrato potersi con una piccola ferrovia facilmente sopperire ai bisogni della miglior rete dell'Inghilterra (*London and North Western Railway*, su certe linee della quale si colloca il *quarto* binario), *purchè* si impieghi la sua locomotiva, non possono che nuocere alla causa delle ferrovie a binario ridotto (Vedi le Memorie lette dal sig. Fairlie all'Associazione Britannica nel 1870 e 71).

Digitized by Google

Le stazioni sono generalmente in legno sopra fondazioni di pietra: costruzione conforme agli usi del paese, essendo il legno a buon mercato, ed inoltre conservandosi in buone condizioni per maggior tempo che in regioni più calde.

Tutte le opere portano l'impronta dell'economia, ben intesa però, come ampiamente provò l'esperienza.

Malgrado che queste piccole ferrovie ascendano dal mare verso l'interno del paese, e che pendenze di 20 millesimi siano state inevitabili, la conformazione del terreno ha permesso di limitare il raggio delle curve generalmente a 200 e più metri.

Il costo delle ferrovie varia da 32 a 110,000 lire per chilometro, secondo l'importanza de' lavori; e qui sotto diamo gli elementi del prezzo d'una linea, che può considerarsi come di media difficoltà, posta a confronto con una linea del sistema ordinario, costrutta dallo stesso ingegnere Pihl, il quale già erasi fatto uno studio di ridurre il costo ai più stretti limiti compatibili colla sicurezza.

Le regioni attraversate dalle due linee presentano caratteri di rassomiglianza sufficienti per dar valore al confronto, tanto più che ambedue, come appunto dicemmo, furono progettate dallo stesso ingegnere.

La gran linea (da Lilleströmmen a Kongsvinger) misura 75 chilometri di sviluppo, e la piccola (da Hamar ad Elverum) conta 30 chilometri circa di sviluppo; sulla prima la massima pendenza è di 5 millesimi, il minimo raggio 300 metri, e la differenza di livello fra il punto più elevato ed il più depresso è di m. 47.40; sulla seconda la massima pendenza è di 14 millesimi, il minimo raggio 228 metri, e la differenza di livello fra il punto più elevato ed il più depresso è di m. 133.15.

Il quadro seguente contiene gli elementi del costo per chilometro:

Digitized by Google

Natura delle Spese	Lilleströmmen-Kongsvinger		Hamar-Elverum	
	ammont.	p. 0|0	ammont.	p. 0|0
Terreno ed espropriazione . . . . . L.	3578	4,48	1412	3,19
Siepi . . . . . »	1336	1,67	1389	3,15
Lavori di terra e scavi nella rocca . . »	30,350	38,04	13,906	31,40
Ponti e viadotti »	5027	6,30	1609	3,64
Deviaz.ne di strade »	1006	1,26	445	1,01
Armamento e ghiaia »	24,508	30,76	14,578	32,96
Stazioni . . . »	6542	8,20	6965	15,75
Telegrafo . . . »	515	0,63	413	0,94
Opere diverse . »	664	0,83	718	1,63
Spese di studio e personale . . . . »	6258	7,83	2797	6,33
Totale L.	79,784	100,00	44,230	100,00

Le ruotaie della linea a grande sezione pesano kil. 30.75, e quelle della piccola ferrovia pesano kil. 18.35 per metro lineare.

Inoltre sulla prima linea le stazioni sono collocate a più di nove chilometri di distanza in media, e sulla seconda a cinque chilometri appena; sicchè spiegasi facilmente l'anomalia apparente, che le stazioni sulla piccola linea abbiano costato di più che sulla ferrovia a scartamento ordinario: chè anzi, riducendo la spesa alla stessa distanza media, l'economia sulla strada ferrata a binario ridotto è del 40 0|0 almeno.

Dietro esame del quadro precedente, la ferrovia Hamar-Elverum costò il 45 0|0 circa di meno per chilometro che l'altra da Lilleströmmen a Kongsvinger, malgrado che quella, sopra uno sviluppo di meno della metà, abbia dovuto sormontare una differenza di livello quasi tripla.

Digitized by Google

Senza pretendere di dare alle cifre citate un troppo grande valore, non è men vero ch'esse contengono un utile insegnamento; e volendo anche considerare il 45 p. 0|0 come il limite massimo dell'economia che si può aspettare dall'applicazione del sistema delle piccole ferrovie, esse non solo ampiamente giustificano la nostra asserzione che in ogni caso l' economia è almeno del 27 0|0, ma provano anzi che, per timore di mostrarci troppo parziali per il sistema che difendiamo, non ne abbiamo abbastanza fatto risaltare i vantaggi.

In quanto al costo assoluto totale per chilometro di cadauna ferrovia norvegese citata, è facile osservare anzitutto ch'esso è moderatissimo, specialmente perchè i terreni costano pochissimo in confronto di quanto devesi pagare in una regione moderatamente fertile in Italia; ciò che può anche provenire da una legge d'espropriazione meno favorevole per i privati.

L'armamento, compresa la ghiaia, costa altresì pochissimo in Norvegia.

La differenza può provenire dal valore delle ruotaie che, pochi anni or sono, potevano le officine inglesi vendere in Norvegia a 180 o 190 lire la tonnellata, mentre fu da noi supposto il loro prezzo a lire 250; può anche provenire dal minor valore delle traversine e della ghiaia stessa.

Inoltre non s'incontrano gallerie sopra alcuna delle due ferrovie, ma solo qualche taglio nella roccia. Le ferrovie poi essendo state costrutte a spese del Governo, l'interesse del denaro durante la costruzione non è compreso nel costo.

Se si tenesse conto di tutte queste differenze, si scorgerebbe facilmente che i nostri due estimi concordano abbastanza bene coi risultati ottenuti dall'ing. Pihl.

Digitized by Google

Dobbiamo ora parlare del materiale mobile adattato alle ferrovie a binario ristretto; ma tale è la divergenza delle opinioni sulle qualità buone e cattive del medesimo, che potrebbesi riaprire la discussione sulla ragion d' essere delle ferrovie stesse.

Tutta la questione, per le vetture ed i vagoni, s'aggira sulla relazione fra il peso dei veicoli, detto sovente *peso morto*, ed il numero dei viaggiatori, od il peso delle merci trasportabili comparativamente alle dimensioni adottate od imposte.

La questione è importante, anche facendo astrazione da ogni modificazione della larghezza del binario; poichè, mentre i carri e le vetture o *diligenze* impiegate sulle strade ordinarie non pesano che 1|3, 1|4 e persino 1|5 delle merci caricate, o del numero totale di viaggiatori che possono trovarvi posto, sulle ferrovie ordinarie succede invece che il peso di un vagone è almeno la metà di quello delle merci trasportate, ed in media sale a *due volte e mezzo*, e talora a quattro o cinque volte, il peso delle merci; per le vetture poi i risultati sono ancora peggiori, poichè in alcuni casi il loro peso è *venti* volte quello dei viaggiatori.

Si spiegano questi sfavorevolissimi risultati osservando anzi tutto che i veicoli delle ferrovie debbono esser costrutti ben più solidamente che quelli in uso sulle strade ordinarie, perchè essi non corrono già isolatamente, ma per treni di 30, 40 e più vagoni, e di 15 a 25 vetture almeno, e con una velocità immensamente superiore a quella de' carri e delle diligenze; ed ogni veicolo, potendo esser il primo nel convoglio, deve esser solido abbastanza, non solo per trasmettere lo sforzo di trazione a tutti i seguenti, ma soprattutto per sopportare senza avaria a sè stesso tutta la pressione che i veicoli seguenti, animati dalla forza

viva, esercitano sul primo, quando la locomotiva rallenta per fermare il convoglio. Le conseguenze poi della rottura della sbarra di trazione o delle catene che congiungono i veicoli tra loro, sopra un piano inclinato specialmente, sarebbero talmente gravi, che, per prevenirle, non si può esitare un istante ad esagerare le dimensioni dei sistemi d'unione.

Rispetto alle vetture destinate ai viaggiatori, si deve osservare che nessun confronto può stabilirsi fra le antiche diligenze e le moderne vetture delle ferrovie circa il confortevole, poichè lo spazio accordato ad ogni viaggiatore in quest' ultime, in larghezza, lunghezza ed altezza, è almeno doppio; e quanto più le dimensioni principali aumentano, tanto più solide esser debbono, e perciò più pesanti, tutte le parti della vettura.

La cagione principale, tuttavia, dello sfavorevolissimo rapporto fra il peso morto ed il peso utile sulle ferrovie, è invece l'impossibilità assoluta di trarre costantemente il massimo partito dal materiale mobile, poichè raramente un vagone riceve il suo carico totale, e quand'anche viaggi in una direzione interamente carico, dovrà ritornar vuoto al punto di partenza; ed altresì raramente tutti i posti in un convoglio sono occupati, ed in ogni probabilità appena per una frazione piccolissima del percorso.

Più il movimento di viaggiatori e di merci è considerevole, e miglior partito si trae dal materiale; tuttavia il peso netto è sempre una frazione assai piccola del peso morto, come è dimostrato da studii laboriosi, appoggiati alle statistiche, tra i quali possiamo citare quello dell'ingegnere Marché sulle ferrovie francesi (*).

(*) *Le poids mort dans les transports sur Chemins de fer, et son influence sur le prix de revient des transports, etc.;* par M. Ernest Marché. Paris, 1871.

Digitized by Google

Siccome sulle ferrovie francesi prevale il principio di aumentare il peso dei treni riducendone il numero, così le conseguenze dedotte dal sig. Marché hanno un valore speciale, che non potrebbe riconoscersi ai risultati d'un' analoga ricerca sull'utilizzazione del materiale mobile sulle ferrovie inglesi, ad esempio; poichè, quantunque il movimento totale (anche tenuto conto del minore sviluppo della rete francese) sia in Inghilterra quasi il triplo di quello che ha luogo in Francia, tuttavia il grandissimo numero di diramazioni, la concorrenza fra le diverse linee, e perciò la necessità di un gran numero di treni, tanto per viaggiatori che per merci, e finalmente l' abitudine di formare i treni celeri con vetture destinate a località diverse, affine d'evitare ai viaggiatori l'incomodo di cambiar vettura nelle biforcazioni, non permettono sicuramente di utilizzare così bene il materiale mobile come sulle linee francesi, dove certo non si pecca per troppi riguardi ai viaggiatori, mentre poi le merci non sono calcolate percorrere più di un cinquanta chilometri al giorno.

A queste condizioni, tanto sfavorevoli per l'esercizio delle ferrovie, non è, pur troppo, molto facile portare rimedio.

Infatti, una Società ferroviaria è generalmente obbligata a fornire i posti per tutti i viaggiatori che si presentano alla stazione; e quand' anche tale obbligo, della cui ragionevolezza si può dubitare, non fosse scritto nella legge di concessione, l'opinione pubblica lo reclamerebbe sicuramente, dacchè l'introduzione delle ferrovie creò delle abitudini di celerità e di puntualità, sconosciute ai bei tempi delle diligenze. Quest'obbligo, facilmente soddisfatto in una stazione principale, metterebbe in grave imbarazzo la Società, quando si verificasse in una stazione tutt'affatto secondaria, perchè non si possono stabilire depositi di vetture dappertutto; e tale condizione, unita al desiderio di

Digitized by Google

non diminuire i prodotti, consiglia alle Amministrazioni di avere in ogni convoglio un numero di posti superiore a quello probabilmente richiesto.

Il numero dei viaggiatori poi, per ogni treno, che percorrono la distanza totale, è piccolissimo; sicchè il convoglio, che parte pieno dalla stazione d' una città considerevole, arriverà quasi vuoto alla stazione finale.

Per ultimo, il numero de' viaggiatori non è lo stesso in ogni direzione, ad ogni ora del giorno: i convogli del mattino, ad esempio, sono sempre carichi in un senso, quelli della sera nel senso opposto; e tuttavia, a meno di voler aggravar il male aumentando di troppo il materiale mobile ed il personale, converrà far ritornare indietro le stesse vetture con un numero di viaggiatori meno considerevole, per formar i treni della metà del giorno.

Per le merci, le condizioni sono ancora peggiori; poichè, se il movimento de' viaggiatori nel periodo di un anno, ad esempio, è lo stesso nei due sensi, trovasi invece, sopra tutte le linee, che il movimento delle merci è sempre più considerevole in un senso che nell'altro; nè può esser altrimenti, poichè le ferrovie convergono a certi punti determinati, come grandi centri popolati ed industriosi, o porti d'esportazione ed importazione.

Verso questi grandi centri si dirigono generalmente merci ponderose, granaglie ed altre derrate alimentari, bestiame, legname, carbone ed altri minerali ecc., da quelle località che producono tali merci in abbondanza, e che ritirano in cambio ciò di cui mancano, come tessuti di ogni genere, utensili, coloniali, oggetti di lusso, ecc., che rappresentano sotto un piccolo volume un valore considerevole: tale è soprattutto il caso delle diramazioni, che uniscono paesi relativamente poveri a centri molto ricchi.

Digitized by Google

Perciò le centinaia di vagoni necessarii al trasporto di merci ordinarie in un senso, debbono ritornar vuoti, non solo perchè il piccolo volume delle merci nel senso opposto non è sufficiente a caricarli, ma ancora perchè per queste si richiedono generalmente vagoni speciali.

Ogni ferrovia, infatti, deve essere provvista di vagoni adattati ai diversi generi di merci: non solo abbisognano vagoni chiusi e vagoni scoperti, a sponde alte e basse, ovvero piatti, ma vagoni per il grosso bestiame e vagoni per il bestiame minuto, ecc.; e certi vagoni destinati al trasporto d'una merce non possono più convenientemente utilizzarsi per altra: ad esempio, non si potrà caricar della calce sui vagoni impiegati abitualmente per il carbone, ed i vagoni piatti per trasportare i grossi legni sono inservibili per ogni altra merce.

Finalmente sulle ferrovie non è possibile quel miscuglio di merci abituale sui carri ordinarii; la necessità di caricare e scaricare rapidamente, il maggior pericolo di avarie a carico dell'Amministrazione, il numero stesso di merci distinte sempre crescente, proibiscono affatto la troppa promiscuità: da qui la impossibilità di sempre caricare completamente i vagoni.

Non è perciò meraviglia se, sulle stesse ferrovie più favorite, il peso morto sia molto elevato, in confronto del peso netto; nè può esser difficile a comprendersi che sulle linee meno importanti per traffico, il confronto riesca più sfavorevole, come chiaramente dimostra lo studio dell'ingegnere Marché.

Quantunque s'incontri qualche differenza nel peso e nella capacità delle vetture della stessa categoria da una strada ferrata ad un'altra, pure le cifre seguenti rappresentano delle medie applicabili soprattutto al tipo a quattro ruote, più comunemente adottato:

Digitized by Google

Classe delle vetture	Numero dei posti	Peso delle vetture	Peso minimo per ogni viagg.
1ª	24	6000 k.	250 k.
2ª	30	5200 »	173 »
id.	40	6120 »	153 »
mista 1ª e 2ª	36	6300 »	178 »
3ª	40	5300 »	133 »
id.	50	6200 »	124 »

Sulle grandi linee furono introdotte le vetture di 2ª cl. a 40 posti, e quelle di 3ª cl. a 50 posti, col doppio scopo di ridurre il peso morto de' convogli, ed in proporzione ancora maggiore la spesa per l'acquisto del materiale mobile.

Anzi sopra parecchie ferrovie suburbane di Parigi si fa uso quasi esclusivo di vetture a due piani, le quali contengono 70, oppure 78 posti, secondochè sono miste di 1ª e 2ª cl., oppure di 2ª cl., ed il peso morto è in media di 100 chilogrammi circa per viaggiatore.

I risultati però non corrisposero all'aspettativa, poichè il peso morto effettivo, di cui è necessario tener conto, non è già quello che corrisponde all'ipotesi della vettura intieramente occupata durante tutto il percorso del treno, ma bensì il peso totale della vettura diviso per il numero dei posti mediamente occupati.

Ora le pazienti ricerche del sig. Marché hanno posto in evidenza un fatto, certamente non sconosciuto a quelli che sono per ufficio chiamati a regolare le spese d' esercizio delle ferrovie, ma al quale non erasi forse data quell'importanza che si merita.

Analizzando tutti gli elementi dell' esercizio delle sei grandi ferrovie francesi nel 1868, le quali, come è noto, si sogliono separare in *antica rete* e *nuova rete*, comprendendo in quest'ultima linee costrutte più recentemente e di tenui prodotti, il sig. Marché trova che per ogni po-

sto di 1.a classe occupato ne rimangono più di tre vuoti, per ogni posto occupato di 2.a classe ne rimangono vuoti da quattro a sette, ed in 3.a classe rimangono vuoti due o tre posti almeno per uno occupato.

Sulle linee della nuova rete i risultati sono ancora meno soddisfacenti, poichè per ogni posto occupato in cadauna classe ne rimangono vuoti otto di 1.a, otto di 2.a, e da tre a quattro di 3.a classe.

Ritenendo che il peso di un viaggiatore non sia in media inferiore a 75 chilogrammi, ne conseguirebbe che, quando tutti i posti sono occupati, il peso lordo di un viaggiatore della porzione corrispondente della vettura sarebbe almeno

per la 1.a cl. chilog. 75 + 250 = 325
» 2.a » » 75 + 153 = 228
» mista » 75 + 178 = 253
» 3.a » » 75 + 124 = 199

nei casi più favorevoli, cioè con vetture di 2.a e 3.a classe della massima portata ammessa sopra le grandi linee.

Ma in realtà, la grande sproporzione fra il numero di posti vuoti e di posti occupati aumenta considerevolmente il peso lordo, che riesce di 1000 a 1400 chil. per la 1.a classe, di 850 a 1100 per la 2.a, e di 420 a 550 per la 3.a classe; anzi sulle linee poco frequentate il peso lordo per cadaun viaggiatore sale a 2400 chil. per la 1.a classe, a 1600 per la 2.a ed a 620 per la 3.a classe, cioè rispettivamente 32 volte, 21 volte e 8 volte il peso netto.

Il peso lordo medio per viaggiatore, senza distinzione di classe, varia sulle grandi ferrovie da 600 ad 800 chil., e sulle linee della nuova rete da 750 a 950 chil., cioè da 8 ad 11 volte, e da 10 a 13 volte il peso netto.

Finalmente sulle ferrovie suburbane di Parigi, malgrado che il peso morto minimo per viaggiatore sia di 100 chil.

circa, il peso lordo effettivo non è inferiore in media a 700 chil.; ciò che dimostra come quegli enormi convogli, che possono trasportare circa 700 viaggiatori, corrano il più delle volte quasi vuoti.

Non converrebbe forse, imitando gli Inglesi, ridurre la capacità dei convogli, accrescendone considerevolmente il numero, ed offrir così maggior incentivo a viaggiare?

Il sig. Marché fa osservare che sopra molte linee le vetture di 2.a classe sono meno utilizzate che quelle di 1.a classe.

Ciò spiegasi facilmente, ricordando che in Francia i convogli diretti si compongono, salvo poche eccezioni, esclusivamente di vetture di 1.a classe, le quali sono generalmente occupate; ciò che non avviene, almeno nella stessa misura, delle vetture di qualunque classe de' treni ordinarii.

La causa apparente della cattiva utilizzazione del materiale è, senza dubbio, un numero eccessivo di convogli; ma in realtà, sulle ferrovie di movimento limitato, non solo non esiste servizio notturno, ma inoltre si condannano i viaggiatori ad aspettare parecchie ore alle stazioni di diramazione, affinchè un solo convoglio serva per la corrispondenza con quelli della linea principale ne' due sensi; mentre, se si volessero risparmiare ai viaggiatori quelle lunghe fermate, il numero de' convogli giornalieri dovrebbe esser generalmente due volte maggiore sopra una diramazione, che sulla ferrovia principale.

A misura che diminuisce il numero de' convogli, diminuisce pure il numero totale de' viaggiatori; poichè, soprattutto grazie allo sviluppo delle ferrovie, se straordinariamente grande è il movimento de' viaggiatori, la maggior parte viaggia per convenienza e non per necessità; si potrebbe anzi sostenere che nessuno fa uso della

Digitized by Google

ferrovia per necessità, ma solo per convenienza in confronto degli altri mezzi di locomozione. E non solo il costo, ma anche il tempo richiesto per compiere un viaggio è una causa determinante; sicchè tutto si riduce a sapere se, diminuendo il numero de' treni, la diminuzione sulle spese d'esercizio è più considerevole che quella del prodotto netto.

La vera causa della utilizzazione del materiale sta invece nella capacità eccessiva delle vetture stesse in confronto del bisogno, soprattutto per le linee secondarie, sulle quali per amore dell'uniformità, si sono introdotti dei tipi solo convenienti alle grandi linee, sicchè la composizione dei convogli non è facilmente modificabile secondo le occorrenze.

Il numero de' posti disponibili per cadauna classe deve esser almeno eguale al massimo numero di viaggiatori, che devono occupare i posti fra due punti qualunque.

Questo massimo suol verificarsi alla partenza dalla stazione principale, ed all'arrivo alla medesima.

Il seguente specchietto dimostra l'influenza della capacità del materiale sul rapporto fra i posti offerti ed i posti occupati, in diversi casi di un convoglio contenente 100 viaggiatori distribuiti fra tre classi:

Numero dei viaggiatori di			Minimo numero di posti offerti					Num. totale dei posti offerti		Rapporto dei posti occupati ai posti offerti	
			1.a cl. vetture	2.a cl. vetture		3.a cl. vetture					
1.a cl.	2.a cl.	3.a cl.	a 24 posti	a 30 posti	a 40 posti	a 40 posti	a 50 posti	piccole vett.	grandi vett.	piccole vett.	grandi vett.
10	10	80	24	30	"	80	"	134	"	0,746	0,610
				"	40	"	100	"	164		
10	20	70	24	30	"	80	"	134	"		
				"	40	"	100	"	164		
10	30	60	24	30	"	80	"	134	"		
				"	40	"	100	"	164		
20	10	70	24	30	"	80	"	134	"		
				"	40	"	100	"	164		
20	20	60	24	30	"	80	"	134	"		
				"	40	"	100	"	164		
20	30	50	24	30	"	80	"	134	"		
				"	40	"	50	"	114		

Lo svantaggio delle grandi vetture è posto in evidenza in questo quadro, almeno quando il numero dei viaggiatori è piccolo; poichè solo nel caso improbabilissimo che il numero dei viaggiatori di 3.a classe sia appunto eguale al numero de' posti d'una gran vettura (50 posti) e molto elevato rispetto al numero de' viaggiatori delle altre due classi, il rapporto dei posti occupati ai posti offerti non supererebbe quello dato da vetture più piccole.

Il convoglio per un numero massimo di 100 viaggiatori sarebbe composto di quattro vetture al più, cioè una di prima, una di seconda e due di terza classe.

I rapporti delle due ultime colonne rappresentano la massima utilizzazione del materiale, che generalmente ha luogo solo sopra una piccola porzione dell'intiero percorso.

Quando il numero de' viaggiatori si riduce alla metà, ed anche meno, il numero de' posti vuoti è considerevolissimo, e tuttavia può darsi che non si possa diminuire staccando una vettura; se si avesse, ad esempio, un solo viaggiatore di 1.a classe, due di 2.a classe e 51 di 3.a classe, la composizione del treno non potrebbe esser modificata, quantunque il rapporto de' posti occupati ai posti vuoti scenderebbe a 0.40, oppure 0,328, secondo che si tratta di piccole o grandi vetture.

In pratica poi il sig. Marché ha trovato che tale rapporto può discendere a 0.182, malgrado l' introduzione delle vetture miste di 1.a e 2.a classe.

Su parecchie ferrovie inglesi trovansi vetture miste a cinque compartimenti, uno per la 1.a, un altro per la 2.a, due per la 3.a classe, e l'ultimo per il bagaglio. Esse sono assai convenienti per trasportare i viaggiatori dalle linee principali alle secondarie e viceversa, senza obbligarli a cambiar di vettura, ciò che, soprattutto di notte, è un gran disagio; e siccome da poco tempo, oltre alla 2.a,

Digitized by Google

anche la 3.a classe è ammessa nei treni diretti, così queste vetture miste possono certo contribuire a ridurre il peso morto, ma non mai quanto può parere a primo aspetto. Suppongansi, infatti, vetture miste, che offrano 8 posti di 1.a e 20 di 2.a classe, e vetture di 3.a classe a 40 posti, e s'abbiano 9 viaggiatori di 1.a, 22 di 2.a, e 69 di 3.a classe: il numero minimo di posti offerti sarebbe di 16 per la 1.a, 40 per la 2.a, e 80 per la 3.a classe, in tutto 136 posti. Peggio poi se le vetture miste fossero a 36 posti, cioè 16 di 1.a, e 20 di 2.a classe; in tal caso, bisognerebbe offrire 32 posti di 1.a, 40 di 2.a, e 80 di 3.a classe, cioè 152 posti almeno per 100 viaggiatori.

Non v'ha dubbio che sulle linee a gran movimento, quando il numero dei viaggiatori può salire a 200 e più per convoglio, si possono utilizzare le grosse vetture un po' meglio che sulle diramazioni; e tuttavia le ricerche del sig. Marché dimostrano che il rapporto più favorevole ottenuto sull'antica rete dell'Ovest di Francia nell'esercizio del 1868 è 0,304 appena, sicchè più di due posti rimangono vuoti per uno occupato.

In quanto poi alle linee secondarie, già abbiamo detto che il sig. Marché trovò il rapporto meschinissimo di 0,182 (nuova rete della Società d' Orléans); cosicchè in media più di quattro posti rimangono vuoti (specialmente appartenenti alle classi superiori) per uno occupato.

Il trasporto dei viaggiatori di 1.a non solo, ma anche di 2.a classe, riesce in tali condizioni passivo, se si pensa al costo assai più elevato delle vetture corrispondenti.

Siccome ogni convoglio-viaggiatori, oltre alle vetture, comprende almeno un vagone a bagaglio, generalmente due, secondo le prescrizioni de' regolamenti; e siccome per natura loro i vagoni a bagaglio sono malissimo uti-

Digitized by Google

lizzati come mezzi di trasporto, e servono soprattutto come freni e per il capo-convoglio, così il peso d'uno de' vagoni a bagaglio può legittimamente essere aggiunto a quello delle vetture, e distribuito, come questo, in proporzione del numero de' viaggiatori: sicchè il peso lordo per i diversi casi, indicato poco prima, deve esser aumentato di chilog. 175 almeno per ogni viaggiatore.

Finalmente il peso stesso della locomotiva contribuisce ad aumentare il peso della massa totale, che devesi mettere in movimento per trasportare un viaggiatore; ed anche tenendo conto delle merci a grande velocità trasportate coi treni-viaggiatori propriamente detti, e delle merci trasportate coi treni misti, sulle linee poco frequentate la frazione del peso del motore per viaggiatore è di chilog. 900 almeno.

Aggiungendo perciò al peso lordo medio per viaggiatore, cioè a chilog. 950, chilog. 175 per la vettura a bagaglio, e chilog. 900 per la macchina, s' ottiene in fine, per il peso lordo medio assoluto per viaggiatore, la cifra assai elevata di chilog. 2025, cioè 27 volte il peso utile.

Questo risultato dell'esercizio di ferrovie a grande sezione, a traffico molto limitato, messo in evidenza dal paziente lavoro del sig. Marché, non è puramente teorico; e quando anche si volesse ridurre alquanto tale rapporto sfavorevolissimo, derivato dai risultati d'un anno e per una ferrovia determinata, si potrà almeno ritenere come limite inferiore della utilizzazione del materiale mobile ordinario.

Due rimedii si possono suggerire per trarre miglior partito dal materiale mobile:

1° Si può sopprimere almeno una classe di vetture, diminuendo considerevolmente le combinazioni di numeri variabili di viaggiatori, per i quali debbonsi provvedere i posti;

Digitized by Google

2° Si possono adottare vetture molto piccole, affine di modificare la composizione de' treni, a seconda del bisogno.

Il primo rimedio è applicabile, qualunque sia il sistema di ferrovia; e la riduzione del numero de' posti offerti per un dato numero di posti occupati può scorgersi dallo specchio seguente, che suppone soppressa la 1ª classe, e le vetture di 3ª classe di due tipi, cioè a 40 posti e 30 posti:

Numero de' viaggiatori		Minimo numero de' posti offerti			Num. di vetture	Num. totale de' posti offerti	
2ª classe	3ª classe	2ª cl. vetture a 30 posti	3ª classe vetture a 30 posti	3ª classe vetture a 40 posti		piccole vetture	grandi vetture
10	90	30	90	»	4	120	»
			»	120	4	»	150
20	80	30	90	»	4	120	»
			»	80	3	»	110
30	70	30	90	»	4	120	»
			»	80	3	»	110
40	60	60	60	»	4	120	»
			»	80	4	»	140

Il numero de' posti per 100 viaggiatori, che fu trovato essere di 134 almeno colle tre classi, riducesi a 120 colla soppressione della 1ª classe; anzi l'uso di vetture di 3ª classe a 40 posti potrebbe in certi casi permettere una maggior economia, piuttosto apparente però, poichè sopra linee secondarie un treno occupato da 100 viaggiatori è piuttosto un treno eccezionale, ed è sempre vantaggiosa per l'esercizio la possibilità di ridurre il peso del convoglio staccando una vettura: e per quest'oggetto sono preferibili le piccole.

Il secondo rimedio, quello di ridurre considerevolmente la capacità delle vetture, sicchè contengano 18 o 20 posti

Digitized by Google

al più, non è razionale senza la riduzione del binario; poichè le vetture riuscirebbero non sòlo troppo pesanti in confronto del numero de' viaggiatori che possono trasportare, ma inoltre non si trarrebbe alcun vantaggio dalla larghezza del binario, e perciò s'avrebbe sempre meno ragione di conservarlo laddove l'importanza del traffico non ne giustifica l'introduzione.

In una vettura bisogna distinguere la cassa con gli accessorii interni (sedili, partizioni ecc.) dal telaio e dalle parti sottostanti ed i suoi accessorii, cioè molle, ruote e sale, bossoli, catene di sicurezza, uncini di trazione, respintori ecc., che possono indicarsi collettivamente col nome di sottostruttura.

Ora il peso della sottostruttura è circa i 2|3 del peso totale per una vettura a tre compartimenti; nè è suscettibile di grande riduzione, ove si volesse restringere la cassa trasversalmente, perchè il peso delle sale dipende soprattutto dalla loro lunghezza, che non permette di diminuirne di troppo la sezione; il peso delle ruote dipende dal loro diametro; e quello delle altre parti rimane pressochè invariabile, a cagione delle dimensioni fisse del telaio, e della necessità di non comprometterne la rigidezza.

Il peso della cassa e delle parti attinenti non varia così rapidamente come lo spazio utile destinato ai viaggiatori, poichè quella può paragonarsi alla superficie che circoscrive quest'ultimo.

Diminuendo, in conseguenza, oltre misura il numero de' posti nelle vetture adattate allo scartamento ordinario, il peso morto andrebbe crescendo per modo che, malgrado una migliore utilizzazione della capacità, il peso lordo totale non riuscirebbe gran fatto inferiore a quello determinato dai risultati ottenuti nella pratica.

Digitized by Google

Modificando invece lo scartamento da m. 1.50 a m. 0.95 o ad un dipresso, la sottostruttura delle vetture riesce molto più leggiera; poichè le sale essendo molto più corte, la sezione loro è assai più piccola che sulle ferrovie ordinarie; il diametro delle ruote è di poco superiore alla metà delle altre; i bossoli sono più piccoli corrispondemente al diametro delle sale; il telaio propriamente detto, più stretto e generalmente più corto, è fatto di ferri o di legni più piccoli.

La leggerezza di tutto il veicolo permette di diminuire le dimensioni della sbarra di trazione: anzi suolsi adottare il respintore centrale, che confondesi con quella, sopprimendo le aste de' respintori laterali; le catene di sicurezza si sogliono pure sopprimere, perchè la velocità moderata e la leggerezza del convoglio lo permettono, senza diminuire la sicurezza de' viaggiatori.

Il pavimento delle vetture essendo elevato sopra il piano delle ruotaie di m. 0.70 appena (il diametro delle ruote essendo di m. 0.60), anche sopprimendo i marciapiedi nelle stazioni, il doppio ordine di predelle, necessario per le grandi vetture, si riduce ad un solo nelle piccole, economizzando nel peso e nel costo.

Tutte queste differenze permettono di costruire vetture, per le piccole ferrovie, con un numero assai limitato di posti, e non pesanti più delle vetture per le grandi linee, in proporzione de' viaggiatori che possono trasportare.

Infatti, una vettura di 3ª classe, a quattro compartimenti e quaranta posti, pesa almeno chilog. 5300; ma, tenendo conto de' freni (uno ogni cinque vetture almeno), il peso medio sale a chilog. 5500 almeno, cioè chilog. 137.5 per posto.

Digitized by Google

La sottostruttura non pesa meno di chilog. 3800; quindi il peso minimo per posto si può dividere così:

Sottostruttura	chilog.	95.—
Soprastruttura	»	42.5
Totale	chilog.	137.5

Una vettura a 18 posti, per binario di 0,95, pesa, tenuto anche conto de' freni, chilog. 2600 circa, cioè chilog. 144 per posto, vale a dire alquanto più delle più leggiere vetture delle grandi linee.

La sottostruttura pesa chilog. 1300 circa, e perciò si ha per viaggiatore:

Sottostruttura	chilog.	72
Soprastruttura	»	72
Totale	chilog.	144

L'influenza della riduzione del binario è evidente. La stessa sottostruttura, con un aumento del 10 0|0, servirebbe per una vettura a 24 posti; il peso della cassa invece aumenterebbe del 20 0|0 almeno; e il peso totale del veicolo salirebbe a chilog. 3000 circa, de' quali 1430 circa per la sottostruttura, e 1570 circa per la parte superiore. Sicchè il peso morto per viaggiatore discenderebbe a chilog. 125, così ripartiti:

Sottostruttura	chilog.	59.5
Soprastruttura	»	65.5
Totale	chilog.	125

cioè alquanto meno che sulle grandi linee.

Però a queste piccole differenze in più od in meno devesi dare poca importanza, non solo perchè persino il metodo di costruzione proprio d'una officina può modifi-

Digitized by Google

carle completamente, ma soprattutto perchè non è già il peso minimo assoluto, e si può dire puramente teorico, di cui devesi tener conto, ma bensì il peso morto, che, secondo i risultati già ottenuti in pratica, si deve trasportare per ogni viaggiatore.

Era necessario dimostrare che le vetture piccole non pesano relativamente più che le grosse, poichè a primo aspetto si sarebbe tentati di dire l'opposto; e quindi, che le vetture piccole, per un movimento limitato di viaggiatori, siano più economiche, non può più esser messo in dubbio.

Limitando, infatti, la capacità delle vetture a 18, od al più a 24 posti, e notando che il peso delle vetture a bagaglio (di loro natura malissimo utilizzate) sarebbe ridotto in egual proporzione, il peso morto d'un convoglio per viaggiatori (esclusa la macchina) potrebbe ridursi a chilog. 5200, 7800, 10,400, 13,000, ecc., essendo composto d'una vettura a bagaglio, e di una, due, tre o quattro vetture a viaggiatori, il numero de' posti offerti salendo da 18 (adottato il più piccolo modello) a 36, 54, 72 ecc.

Con vetture del sistema ordinario, il peso minimo del convoglio non sarebbe mai inferiore a chilog. 11,000 con 40 posti (una vettura a bagaglio, ed una a viaggiatori mista); e salirebbe a chilog. 16,000 almeno per 80 posti, senza possibilità di proporzionarne il numero a quelli domandati.

Sulle grandi ferrovie, l'affluenza de' viaggiatori, la necessità d'evitare ogni causa di perdita di tempo alle stazioni, la difficoltà stessa di manovrare pesanti vetture senza il concorso di cinque o sei operai, o l'impiego di cavalli, ha consigliato di rendere quasi invariabile la composizione de' convogli, evitando al tempo stesso di mol-

Digitized by Google

tiplicare i depositi di vetture costosissime e di rimesse per le medesime.

Ma sopra piccole diramazioni, sulle quali il numero dei viaggiatori diminuisce sempre più per le stazioni più lontane dalla principale, ed è soggetto a sensibili variazioni da un giorno all'altro della settimana per l'occorrenza di mercati, fiere, o feste, è molto importante che il materiale si presti a tali fluttuazioni.

Il prezzo delle vetture essendo moderato, se ne possono lasciare alcune in deposito nelle stazioni dove l'affluenza de' viaggiatori è più probabile; ed essendo leggerissime, la loro manovra non occasiona alcuna perdita di tempo, nè richiede aumento di personale.

Le ragioni che consigliano ad adottare, per le ferrovie economiche, vetture di piccolo modello, valgono pure, e con maggior forza, per i vagoni riserbati al trasporto delle merci.

Se la distinzione de' viaggiatori in parecchie classi è piuttosto arbitraria, e potrebbe con vantaggio ridursi a due sulle linee meno importanti, lo stesso non può dirsi della classificazione delle merci, la quale conduce inevitabilmente ad adottare almeno cinque tipi di vagone, quantunque sulle grandi ferrovie se ne contino almeno otto: cioè vagoni chiusi, vagoni a sponde alte, a sponde basse, vagoni piatti, vagoni per il bestiame grosso e minuto (generalmente i vagoni per il bestiame minuto sono a due o tre piani), vagoni-scuderia per i cavalli di lusso, e vagoni per trasportare le vetture.

Si trovano, sopra certe linee, alcuni vagoni destinati al trasporto di grossi pezzi di marmo o granito, altri di forma adattata al trasporto di grossi e pesanti pezzi di macchina, altri per il trasporto di grandi cristalli e specchi, e per ultimo vagoni in ferro per il trasporto del catrame.

Digitized by Google

Non tenendo conto di questi tipi troppo speciali, non crediamo che possa ridursi il numero de' medesimi a meno di cinque, sopprimendo i vagoni-scuderia, quelli a due piani per il bestiame minuto, e quelli per il trasporto esclusivo delle vetture.

Bisogna però ricordare che certi vagoni, come fu altrove detto, sono per necessità riserbati per il trasporto della stessa merce, come il carbone, la calce, il concime, e la ghiaia per la manutenzione della strada; sicchè, rispetto al numero totale de' vagoni necessarii per una data linea, il numero delle categorie è di sette od otto almeno.

Se fosse possibile utilizzarli completamente, il loro numero non cagionerebbe alcun serio aumento della spesa d'acquisto e d'esercizio; ma invece, come per le vetture, succede per i vagoni (e sulle stesse ferrovie più importanti), che il peso delle merci trasportate è una frazione piuttosto piccola del peso totale.

Secondo il sig. Marché, nel suo opuscolo già citato, il peso medio d'un vagone, della portata di chilog. 10,000, è di chilog. 5000 circa; sicchè, a carico completo, il peso lordo sarebbe per ogni tonnellata:

Veicolo	chilog.	500
Merci	»	1000
Totale	chilog.	1500

Ma invece il carico medio discende, per alcune reti, a chilog. 3500; sicchè il peso morto, invece di essere la metà, è quasi una volta e mezzo il peso utile, ed il peso lordo è per ogni tonnellata:

Veicolo	chilog.	1428
Merci	»	1000
Totale	chilog.	2428

Digitized by Google

Sulle linee più favorite, il peso lordo totale si riduce a chilog. 2150 per ogni tonnellata; il rapporto del carico effettivo al carico massimo varia da 0,37 a 0,44.

Queste medie molto basse sono cagionate, tanto dai carichi incompleti, quanto dai trasporti a vuoto.

Si può asserire con certezza che sopra nessuna linea il trasporto delle merci ha la stessa importanza ne' due sensi, e ne fu già accennata la ragione.

Ogni provincia o comune esporta quelle merci di cui ha abbondanza, e compera quelle di cui ha difetto; lo scambio si fa generalmente fra prodotti greggi, minerali, derrate, di gran volume e di poco valore, contro manifatture, oggetti di lusso, generi coloniali, di gran valore e di poco volume.

Egli è quindi impossibile modificare questo stato di cose, quantunque si tenti di renderne, per l'esercizio delle ferrovie, le conseguenze meno cattive, con riduzioni di tariffe nella direzione in cui il movimento delle merci è minore.

Sopra una diramazione, soprattutto se in paese di montagna, la diversità del movimento delle merci ne' due sensi raggiunge il suo massimo: fortunatamente le merci pesanti discendono verso la vallata, quelle preziose ed i vagoni vuoti ascendono verso il monte; sicchè il servizio della trazione è avvantaggiato.

Sulla piccola ferrovia Festiniog abbiamo veduto che in un anno discendono più di 118,000 tonnellate di ardesie, mentre appena 18 a 19,000 tonnellate di merci diverse ascendono verso Duffws, cioè 1/6 circa del peso discendente; sicchè, come fu indicato a suo tempo, la forza delle locomotive è specialmente impiegata a rimontare i vagoni vuoti.

Resta a vedere se un binario ristretto e vagoni di piccola portata possano migliorare il rapporto del peso morto al peso utile.

Digitized by Google

Ora, in un vagone, come nelle vetture, bisogna distinguere la sottostruttura dalla soprastruttura.

La sottostruttura d'un vagone è poco più leggiera di quella d'una vettura; e la maggior differenza consiste nelle molle più rigide, ma meno lunghe, nella soppressione delle stanghe de' paracolpi, e della molla di trazione, rimpiazzate da molle a spirale.

La sottostruttura di un vagone a merci, di chilog. 10,000 di portata, non pesa meno di chilog. 3500; e la soprastruttura pesa da chilog. 1000 a 2000, secondochè trattasi di vagoni aperti o chiusi.

Riducendo considerevolmente il binario, già s'è veduto che il peso della sottostruttura discende a chilog. 1300 circa; il peso della soprastruttura non diminuisce nella stessa proporzione, ma tuttavia il peso totale del vagone non è mai superiore alla metà del peso del carico massimo, precisamente come sulle grandi linee.

Così ad esempio, sulla ferrovia del Festiniog, s'impiegano per il trasporto delle ardesie due tipi di vagoni: l'antico, della portata di due tonnellate, e che pesa una tonnellata; e l'altro, della portata di tre tonnellate, e che pesa circa una tonnellata e mezzo.

Sulle ferrovie della Norvegia, sulle quali il materiale è piuttosto massiccio, i vagoni, della portata di 6 tonnellate, pesano da chilog. 3100 a 3600.

È dunque inquestionabile che la riduzione del binario non può aumentare il rapporto del peso lordo al peso netto; ma non avvi dubbio che in molti casi tenderà a diminuirlo, poichè, parlando di ferrovie a binario ristretto, s'ha sempre in vista un traffico molto limitato, cioè quantità piccole di merci svariate, che in pochi casi permettono di utilizzare completamente la portata d'un grosso vagone, senza cagionare gravi ritardi nelle spedizioni, op-

Digitized by Google

pure mescolare insieme delle merci che possono guastars a vicenda, e poi obbligare a fermate lunghissime alle stazioni, affine di scaricare parzialmente certi vagoni per ricaricarli d'altre merci.

Ridotta invece la portata de' vagoni, si può con vantaggio dell'esercizio mantenere quella distinzione fra le merci che la prudenza consiglia, onde evitare delle avarie che danno luogo a questioni e compensi; e si possono pure staccare all'arrivo de' vagoni, che si scaricano poi a bell'agio, e prendere quegli altri già caricati, senza fermarsi troppo a lungo in ogni piccola stazione.

Le manovre di questi piccoli vagoni sono facilissime, ed il personale può esser meno numeroso e meglio utilizzato.

Un altro vantaggio de' vagoni a piccola portata, connesso colle ferrovie a binario ridotto, è la maggior facilità di allacciarli con opifizi, specialmente molini, con cave, ed anche cascine, mentre la poca importanza de' trasporti giornalieri di cadauna industria separata non giustificherebbe la spesa d'un binario largo, e aggraverebbe il prezzo di trasporto dei diritti di sosta per i grossi vagoni, a meno di rinunciare spesso al vantaggio della tariffa più bassa per carico completo.

Gli avversarii delle piccole ferrovie sollevano delle altre quistioni, soprattutto per il trasporto delle merci, la principale essendo quella del costo del trasbordo delle merci dai vagoni della grande ferrovia in quelli della piccola, e viceversa, quando questa si distacca dalla prima.

A tale obbiezione si risponderà parlando delle spese d'esercizio.

Era necessario dimostrare che l'impiego d'un materiale mobile di capacità limitata, non solo non può aggravare le spese di esercizio, ma in moltissimi casi le allevia.

Un esempio indiretto de' vantaggi di un materiale di portata limitata in confronto di un materiale di considerevoli dimensioni si può avere nella decisione adottata dalla Società del *Great Western* in Inghilterra di ridurre il suo binario da m. 2.13 a 1.50: decisione attuata ultimamente sopra una delle linee principali, e per una lunghezza di circa 160 chilometri.

Certamente, l'impiego di materiale mobile delle dimensioni ordinarie non fu la sola cagione che determinò i Direttori della ferrovia a consigliare la grave spesa necessitata dalla trasformazione del binario; ma se volessimo esaminare le condizioni del materiale sopra quella ferrovia, troveremmo che la portata delle vetture e de' vagoni, malgrado l'enorme loro peso, era in fatto appena eguale a quella delle ferrovie ordinarie

Diciamo ora qualche cosa delle locomotive adattate alle ferrovie a binario ristretto.

Le più piccole locomotive che producano un effetto utile, non siano cioè un trastullo per ragazzi, sono probabilmente quelle impiegate nelle grandiose officine della London and North Western Railway Company a Crewe per trasportare i grossi pezzi, come sale, ruote, cerchioni, sopra una ferrovia di m. 0,46 di scartamento, parallela ed assai vicina alle macchine stesse che debbono lavorare i pezzi.

Queste piccole locomotive, a cilindri interni di 125 millimetri di diametro ed altrettanto di corsa, maneggiate da un solo individuo, che trova appena posto sufficiente sulla piattaforma, rendono importanti servizi, rimpiazzando parecchi manovali, ed anche i cavalli.

Esse non potrebbero sostenere una lunga corsa, nè trascinare più di 10 o 12 tonnellate , e si possono considerare come pigmei in confronto delle grosse macchine

del Great-Western, ed anche di quelle in uso sulle ferrovie ordinarie, che pesano fino a 50 tonnellate distribuite su quattro sale.

Fra questi due estremi sono compresi molti tipi, che corrispondono tanto ai bisogni diversi del traffico, quanto alle opinioni, ancora più svariate, degli ingegneri; e sono pur comprese le locomotive più convenienti per le ferrovie economiche.

Le dimensioni d'una locomotiva sono determinate tanto dalla natura del traffico, a grande o piccola velocità, quanto dal profilo della ferrovia.

È però un fatto, che non dovrebbe più esser oggetto di discussione, che la potenza di una locomotiva è quasi indipendente dalla larghezza del binario; ed è poi da porsi in mente, che quella decresce piuttosto per una larghezza eccessiva di questo.

Difatti la potenza d'una macchina a vapore è anzitutto in ragione diretta delle dimensioni della sua caldaia; ma il peso d'una locomotiva, e perciò della sua caldaia, non può crescere indefinitamente, perchè il peso sopra cadauna sala non deve oltrepassare quel limite che è compatibile colla resistenza delle ruotaie e dei cerchioni delle ruote, siano pure fatti della materia più tenace. Nè puossi distribuire il peso della locomotiva sopra più di tre od al massimo quattro sale, poichè altrimenti si complicherebbero le macchine al punto, che ogni vantaggio guadagnato apparentemente come potenza, sarebbe in fatto più che controbilanciato dalle complicazioni di meccanismo, e dal conseguente aumento di primo costo, di spese di riparazione e dalla diminuzione d'effetto utile.

Per queste ragioni le locomotive del Great-Western, in Inghilterra, col suo enorme binario di m. 2.13, oramai condannato come accennammo più volte, non sono più

potenti di quelle delle ferrovie a binario normale; poichè la lunghezza enorme delle sale e delle traverse, che debbono farsi più grosse dell' ordinario, aumenta talmente il peso totale, che non è più permesso d'aggrandir la caldaia, il peso sopra ogni sala raggiungendo presto quel limite di 13 a 14 tonnellate al più, che nessuno osa oltrepassare, poichè nè cerchioni nè ruotaie d'acciaio potrebbero sopportare, per un tempo ragionevole, lo sforzo corrispondente; ed anzi non si può mettere in dubbio che il carico eccessivo sulle sale motrici è la causa precipua della rapida distruzione del materiale fisso.

Malgrado ciò, si è spesso detto esser peccato che il binario di m. 1.50, il più generalmente adottato, non possa allargarsi di 10 o 12 centimetri, affine di poter aumentare la potenza delle locomotive; senza riflettere che, quand'anche un tale desiderio potesse essere soddisfatto, non vi sarebbe ragione per desiderare poco dopo altri pochi centimetri, sempre per aumentare la forza delle macchine, e così di seguito; mentre invece la materia di cui si fan le ruotaie ed i cerchioni, cioè il ferro e l' acciaio, non possono sopportare un peso sempre crescente, e s'è già arrivati al limite.

Ma affinchè la locomotiva possa sviluppare la sua potenza, un altro elemento è essenziale, cioè l'*aderenza*, che è quella quantità d'attrito tra le ruote e le ruotaie che, impedendo alle ruote motrici di sdrucciolare, offre alla macchina il punto d'appoggio per muoversi.

L'aderenza dipende soprattutto dal peso sulle ruote motrici, e varia alquanto secondo lo stato delle superficie in contatto.

Il grado di aderenza non può superare 1|3 del peso sopra le sale motrici, e può discendere, quantunque raramente, sino ad 1|10, ed anche ad 1|12 di tale peso; nel

Digitized by Google

proporzionare le dimensioni di una locomotiva, cioè la superficie di riscaldamento, il diametro e la corsa degli stantuffi, ed il diametro delle ruote motrici, si suol fare assegnamento sopra un grado d'aderenza eguale ad 1/6 circa del peso sulle sale motrici.

Quanto più una locomotiva cammina lentamente, e perciò impiega maggior tempo a consumare il vapore che produce, tanto maggiore è la potenza che si può ottenere ad ogni giro di ruota, e perciò anche maggiore l'aderenza necessaria fra le ruote e le ruotaie, affinchè si possa trar partito dalla potenza della caldaia. Per questa ragione, mentre le macchine a grande velocità hanno due sole ruote (al più quattro) di gran diametro, dette motrici, le macchine a piccola velocità, quantunque più pesanti, hanno tutte le ruote (generalmente sei, talvolta otto) accoppiate insieme, per modo che l'intero peso della macchina contribuisce ad aumentarne l'aderenza.

Moltissime cose sonosi scritte intorno all'aderenza delle locomotive, e moltissime invenzioni, alcune ben poco ingegnose, furono proposte per aumentare artificialmente l' aderenza delle locomotive a piccola velocità; ed anzi nuovi sistemi di ferrovie economiche furono basati sopra certe certe novità destinate ad aumentare quasi indefinitamente l'aderenza delle macchine, dimenticandosi però che l'aderenza fornisce il punto d'appoggio, il fulcro, ad una locomotiva, ma la potenza sta nella caldaia; e quando si consulta la pratica, si può asserire che, stante la correlazione che passa tra la materia di cui son fatte le macchine e la pressione più elevata del vapore, che finora s'è riusciti ad utilizzare, non si può costrurre una buona locomotiva, il cui peso totale non le fornisca aderenza sufficiente.

Digitized by Google

Circostanze speciali, che si verificano ben di rado, possono formare eccezione a questa regola; non è tuttavia nostro scopo di discutere questi casi.

Le locomotive per le ferrovie a traffico molto limitato, o di pochi chilometri di sviluppo, portano la loro provvista d'acqua e carbone, senza ricorrere ad un veicolo speciale (detto *tender* dal nome ricevuto in Inghilterra), e si chiamano quindi locomotive-tender.

Alla stessa categoria appartengono. senza eccezione, le locomotive per le ferrovie economiche a binario ristretto.

Le locomotive più semplici e più leggiere sono a quattro ruote ed accoppiate, come le prime introdotte sulla ferrovia Festiniog e quelle sulla ferrovia Torino-Rivoli.

Sopra ferrovie più importanti, e con servizio di viaggiatori a velocità almeno eguale a quella dei convogli omnibus delle linee principali, cioè da 30 a 35 chilometri, s'impiegano locomotive a tre sale, di cui due sole accoppiate; e rimarchevoli sono quelle suggerite dall'ingegnere Pihl per le ferrovie della Norvegia, con avantreno mobile affine di passare facilmente nelle curve.

L'ingegnere Pihl, tenendo conto del traffico moderatissimo delle linee, e della necessità di costrur queste con molta economia, invece di proporzionare la resistenza delle ruotaie al peso delle locomotive, come necessariamente avviene sulle grandi ferrovie a grande traffico, dove, per ragion d'economia, si studia di ridurre il numero dei treni a merci aumentandone il peso (ciò che implica locomotive sempre più potenti), fece all'opposto discendere il peso sopra ogni sala motrice, quasi allo stesso limite di carica de' vagoni a merci, cioè da quattro a sei tonnellate circa per sala, affinchè le ruotaie, leggière assai, non sopportassero molto maggior fatica sotto le locomotive che sotto i vagoni.

Digitized by Google

Le locomotive delle linee norvegesi, uscite tutte da uno fra i migliori stabilimenti inglesi, corrispondono perfettamente al servizio limitato cui sono destinate, e fanno molto onore, tanto all'ingegnere che ne diede la prima idea, quanto ai costruttori che la realizzarono.

La più leggera locomotiva per binario di 0.95 pesa all'incirca undici tonnellate colle sue provviste, se a due sale, e con aumento proporzionato di potenza, a sedici o diciotto tonnellate, se a tre sale.

Abbiamo poi già accennato come sulla piccola ferrovia del Festiniog sia stata introdotta una macchina a quattro cilindri, del sistema detto Fairlie, e che pesa venti tonnellate circa.

Non avvi perciò difficoltà alcuna a proporzionare la potenza d'una locomotiva, almeno fra undici e venti tonnellate di peso, secondo i bisogni; e se non si teme, o la necessità obbliga, di sopraccaricare le ruotaie per ottenere delle macchine ancora più potenti, se ne potrebbero costrurre per binario di 0.95 del peso di venticinque e più tonnellate.

Molti dicono che queste piccole locomotive non hanno aderenza sufficiente; ma non è necessario spendere molte parole per provare che (entro i limiti di resistenza allo schiacciamento delle ruotaie e de' cerchioni) necessariamente una piccola locomotiva possiede più aderenza che una grossa.

Le locomotive sul Festiniog-railway camminano continuamente ad una pressione superiore a 10 atmosfere; le piccole macchine della ferrovia Torino-Rivoli furono proporzionate ad una pressione di 9 atmosfere.

Ora sopra nessuna grande linea si possono utilizzare pressioni più elevate, e generalmente la pressione è invece meno elevata.

Digitized by Google

È quindi evidente che le piccole macchine non mancano d'aderenza; ma se si osserva che, diminuendo tutte le parti d'una locomotiva, la capacità della caldaia e del focolare, e perciò la superficie di riscaldamento, diminuiscono di necessità più rapidamente che tutte le altre parti, riesce evidente che il peso totale della locomotiva, in proporzione della quantità d'acqua che può evaporare nell' unità di tempo, è maggiore in una piccola che in una grossa locomotiva; e siccome peso ed aderenza sono correlativi, ne segue che quella possiede un grado di aderenza maggiore (quantunque di poco) di questa.

Le piccole locomotive della ferrovia Festiniog rimontano almeno 50 tonnellate oltre al peso proprio (10 tonnellate) sopra una pendenza di 11 millesimi: ciò corrisponde ad uno sforzo di più di 1000 chilogrammi nelle circostanze più favorevoli.

Di quelle studiate dall' ingegnere Pihl per le ferrovie norvegesi a tre sale, di cui due accoppiate, alcune del peso totale di 10,600 chilog. (di cui 8000 per l'aderenza) possono sviluppare uno sforzo di trazione di 1200 chilog. circa; altre, del peso di 17,200 chilog. (di cui 13,000 per l'aderenza), possono sviluppare uno sforzo di 2300 chilog. circa.

Le macchinette della ferrovia Torino-Rivoli rimorchiano 50 tonnellate sopra una pendenza di 18 millesimi, sviluppando uno sforzo tangenziale di 1300 chilog. circa, e pesano 11,500 chilog., tutti utilizzati per l'aderenza.

Questi pochi esempi dimostrano quanto possa ottenersi da piccole locomotive.

Se noi supponiamo che il movimento di viaggiatori e merci d'una ferrovia a piccola sezione e di 30 chilometri di sviluppo corrisponda al minimo necessario per pagare le spese d'esercizio d'una ferrovia a sezione normale,

come abbiamo trovato più innanzi (pag. 17), e che otto treni al giorno, di cui due almeno misti, siano richiesti per fare un servizio conveniente, le tariffe essendo le stesse ne' due casi, per determinare la quantità di materiale mobile, di cui la ferrovia deve esser provvista, si osserva che il numero di convogli-chilometri sarebbe in un anno $8 \times 30 \times 365 = 87,600$; sicchè, provvedendo 4 locomotive, il loro percorso medio annuale sarebbe di 22,000 al più, cioè assai meno di quanto può ottenersi da macchine ben costrutte.

Se le vetture sono a 18 posti, di cui soli 6 costantemente occupati, il numero di viaggiatori-chilometro essendo di 2,372.000, il numero delle vetture-chilometro sarebbe 400.000; e limitando a 25,000 chilometri il percorso annuo d'una vettura, a 16 salirebbe il numero delle medesime.

Le tonnellate-chilometro delle merci a grande velocità essendo 120.000 circa, limitando il carico medio a 1500 chilog. ed il percorso a 20,000 chilometri, 4 vagoni a bagaglio sarebbero sufficienti.

Finalmente il numero di tonnellate-chilometro di merci a piccola velocità essendo di 1,186.200, limitando a 3 tonnellate il carico medio d'un vagone (il carico massimo essendo supposto del doppio) ed il percorso annuale d'un vagone a 10,000 chilometri, il numero di vagoni strettamente necessario sarebbe di 40.

La spesa poi sarebbe approssimativamente come segue:

4 locomotive pesanti (a vuoto) da 8 a 9000 chilog.	L.	88,000
16 vetture a 18 posti	»	72,000
4 vagoni a bagaglio con freno	»	12,000
40 » a merci di diversi modelli . . .	»	80,000
Totale	L.	252,000

e per chilometro L. 8,400.

Questa modesta cifra suppone tuttavia un'utilizzazione assai limitata del materiale: ciò che è conforme ad una saggia economia, poichè, quando si trascurano le piccole riparazioni per mancanza di veicoli di ricambio, il materiale si logora con grande rapidità, può cagionare accidenti, e dev'essere rinnovato più presto.

La spesa del materiale mobile per una diramazione di 30 chilometri a grande sezione e per 4 treni al giorno non è inferiore ad 11 o 12,000 lire per chilometro, mentre una piccola ferrovia può mantenere un numero doppio di treni, pur limitando a meno di 9000 lire la spesa per chilometro per il materiale mobile.

Possiamo ora così riassumere la spesa chilometrica totale d'impianto d'una ferrovia, secondo i due sistemi:

	Sezione normale	Sezione ridotta
Costruzione e materiale fisso . .	L. 139,000	100,100
Materiale mobile	» 11,000	8,400
Spese impreviste (8 0|0 circa) . .	» 11,000	8,000
Totali	161,000	116,500

Cosicchè, col sistema a sezione ridotta s'otterrebbe una economia di 44,500 lire almeno per chilometro in confronto del sistema ordinario, cioè il 27 0\|0, pur offrendo al pubblico un numero doppio di convogli, e senza trascurare la solidità della costruzione.

Ma, come abbiamo già parecchie volte osservato, delle economie più importanti, che la riduzione della larghezza del binario permette di ottenere, non si può adeguatamente tener conto, parlando in termini generali, poichè esse dipendono esclusivamente dalla conformazione delle regioni percorse dalla ferrovia.

L'evitare giardini ed abitati, diminuire i movimenti di terra con curve di raggio minimo, senza che tuttavia la

Digitized by Google

resistenza al passaggio de' convogli sia esagerata; sopprimere ponti e gallerie, od almeno diminuirne la lunghezza; rendere inutili muri di sostegno, spostamenti di strade e persino di torrenti (operazioni tanto frequenti in regioni di montagna), conduce ad economie nella spesa di costruzione, l'importanza delle quali si può giustamente apprezzare separatamente in ogni caso particolare, e tanto più, quanto più accurati sono gli studii di due distinti tracciati, uno per la sezione normale, l'altro per la ridotta, ma che noi possiamo appena accennare.

Indicate le importanti economie che la riduzione del binario dalla larghezza normale a proporzioni più moderate permette di realizzare, tanto sulla spesa di costruzione, quanto su quella d'acquisto del materiale mobile, ci troviamo di fronte ad una nuova difficoltà, che rimette ancora una volta in questione la teoria stessa delle ferrovie a buon mercato; poichè rimane a provare che le spese d'esercizio sono per queste minori che per le ferrovie a grande sezione.

Gli oppositori, infatti, d'ogni innovazione asseriscono che nessuna economia può sperarsi sulle spese d'esercizio, adottando un binario più ristretto, se pure non sarebbero invece aggravate.

Le spese di esercizio comprendono gli stipendii ed i salarii del personale tecnico ed amministrativo, la provvista delle materie per la conservazione così della linea e degli edifizi, come dei veicoli e delle macchine in buone condizioni, e perciò la rinnovazione completa dello stesso materiale fisso e mobile, che occorre ogni tanti anni secondo i casi; e finalmente la provvista del combustibile, dell'olio e del grasso per le macchine e le vetture, e dell'acqua stessa per le caldaie, e le spese accidentali.

Digitized by Google

Ora, secondo alcuni, il personale è egualmente numeroso ne' due casi; la spesa di manutenzione della linea e del materiale mobile può appena ridursi di poche lire per chilometro, adottando la piccola sezione; quella per il materiale mobile è, se non superiore, almeno eguale, perchè il piccolo materiale si suppone più debole, ecc.

In quanto al consumo di combustibile e di altre materie, credono appena necessario parlarne.

Se la ferrovia poi, invece di esser isolata, parte da un punto comune con altra linea a sezione ordinaria, come può essere il caso assai sovente, si suol sempre dare grande importanza alla necessità di scaricare e caricare nuovamente sopra altri veicoli, nella stazione comune, tutte le merci che debbono passare dall'una all'altra ferrovia; aumentando i prezzi di trasporto di quel tanto necessario a coprire le spese di un'estesa stazione comune, d'un più considerevole numero di vagoni, della doppia spesa di scaricare e ricaricare le merci, e finalmente delle avarie cui le merci stesse sono soggette.

A queste obbiezioni ci proponiamo di rispondere brevemente; ma ricordiamo di nuovo che, parlando di ferrovie a binario ristretto, supponiamo un traffico talmente limitato, che non basti a pagare le spese di una ferrovia a sezione ordinaria; e siccome escludiamo il sistema de' sussidii e delle guarentigie, così è evidente la necessità di limitare le spese al di sotto delle entrate, senza lasciarsi spaventare dalle prime difficoltà che possono affacciarsi: in una parola, al bisogno deve essere appropriata la potenza dell'istrumento.

Non avvi dubbio alcuno che, laddove il movimento di viaggiatori e di merci sia abbastanza sviluppato per pagare le spese di una ferrovia a dimensioni normali, non sarebbe generalmente da consigliarsi una riduzione del binario,

Digitized by Google

quand'anche la ferrovia ristretta bastasse ancora a soddisfare i bisogni della regione attraversata; poichè in tal caso gl' inconvenienti de' due sistemi in contatto potrebbero essere abbastanza serii per controbilanciare, almeno in gran parte, i vantaggi connessi col sistema economico proposto; ed è appunto supponendo tacitamente un tale stato di cose, che gli argomenti messi in campo contro le ferrovie economiche hanno spesso una forza apparente.

Ma, ripetiamolo ancora una volta, si suggeriscono ferrovie economiche là dove le ordinarie sarebbero rovinose.

Dato quindi un movimento di viaggiatori e di merci appena sufficiente per pagare le spese d'esercizio d'una ferrovia a sezione normale, col numero di convogli strettamente necessario (quattro al giorno in tutto, come abbiamo veduto), studiamoci di determinare, almeno per approssimazione e per via di esempi, quali economie permetta d'ottenere la riduzione del binario sulle spese di esercizio, con un servizio di treni non certo inferiore, ma anzi generalmente molto migliore; ammettendo però in tal caso, come l'esperienza dimostra, che aumentando il numero de' convogli, s'aumentano pure, quantunque in proporzione minore, i prodotti.

Il personale superiore, come pure i capi-stazione, saranno egualmente numerosi, trattisi d'una ferrovia a grande od a piccola sezione; si richiederà anche lo stesso numero di guarda-via, a meno che il tracciato economico non permetta di evitare qualche passaggio a livello, oppure che, tenendo conto della leggerezza de' treni e della loro velocità moderata, non si pensi a limitare le guardie ai passaggi più frequentati: sistema adottato in Inghilterra per moltissime linee importanti, sulle quali corrono treni diretti, contentandosi di fissare un cartellone vicino al passaggio, sul quale sta scritto: *Attenzione alla*

Digitized by Google

macchina. Sopra una linea, infatti, con quattro, od al più otto treni al giorno, le probabilità di scontro nei passaggi a livello sono piccolissime.

Il personale inferiore, invece, può esser molto più ridotto sulle piccole che sulle grandi ferrovie: quand'anche, e, si potrebbe dire, specialmente se il numero de' treni è maggiore sulle prime che sulle seconde, per un traffico quasi eguale ne' due casi; perchè tutte le manovre sono più semplici; le vetture ed i vagoni pesano appena la metà nel primo caso, la distanza estrema degli aghi sui binarii di congiunzione si riduce a 40, oppure 50 metri al più, anzichè 140 o 180 almeno, come sulle grandi linee; e se si fa uso di piattaforme, il loro peso riunito a quello del veicolo soprastante non sale alla metà di quello corrispondente su quelle linee; sicchè, là dove cinque robusti facchini almeno sono necessarii per la più semplice manovra nelle stazioni delle ferrovie a grande sezione, due, o al più tre facchini bastano sopra una piccola ferrovia.

Per le manovre più specialmente richieste dal servizio delle merci, e che sono le più numerose, il vantaggio è ancora maggiore: i vagoni leggieri, il cui fondo è sollevato di settanta centimetri appena sul suolo, non offrono difficoltà alcuna al caricamento e scaricamento; possono essere rapidamente spinti ove occorre, e generalmente non occorrono piani scaricatori.

Si suole, nelle piccole stazioni, domandare il concorso de' proprietarii delle merci per le manovre necessitate dalle medesime: tale concorso però non è scevro d'inconvenienti, e s' accetta solo per evitare d' accrescere il personale, già occupato assai poco regolarmente nelle diverse ore del giorno. La semplificazione delle manovre, che è uno de' vantaggi delle piccole ferrovie, senza rendere impossibile il concorso delle persone interessate, ne diminuisce grandemente il bisogno.

Digitized by Google

È poi un fatto evidente che, sulle diramazioni poco frequentate, il personale è assai poco uniformemente occupato; quando il numero de' treni è ridotto a quattro al giorno, il capo-stazione, il bigliettario, il telegrafista ecc. debbono trovarsi al loro posto per poco tempo al passaggio d'ogni treno; la spedizione delle merci e la contabilità non richiedono molte ore; e tuttavia lo stipendio di questi impiegati non è regolato dal lavoro ad essi imposto, ma bensì dalla loro posizione sociale, ed anche dalla facilità di trovare un impiego più rimunerativo; sicchè la spesa del personale non si può regolare in proporzione del traffico minimo.

Si raddoppi ora il numero de' convogli: il personale non dovrà perciò esser aumentato, chè anzi quello inferiore potrebbe piuttosto esser diminuito, perchè il lavoro è più egualmente distribuito nella giornata, mentre il movimento totale dei viaggiatori sarà alquanto accresciuto, in grazia delle maggiori facilità offerte al pubblico, ma probabilmente alquanto minore per ogni treno; se tutti i convogli sono misti, la spedizione ed il ricevimento delle merci, più frazionati, possono essere eseguiti da un personale minore e meglio occupato.

Ma all'aumento del numero de' treni s'oppongono, sulle grandi ferrovie, altre ragioni: non si può far correre una grossa locomotiva con tre o quattro vetture, che possono portare almeno 30 viaggiatori cadauna, un vagone a bagaglio, ed uno o due di merci, in tutto un peso morto di 65 a 80 tonnellate per quindici o venti viaggiatori. Ora è possibile, come vedremo, sopra una piccola ferrovia aumentare il numero de' treni, senza incorrere nelle gravi spese cui non isfuggono le altre.

Se il numero de' convogli è lo stesso sopra le due linee, fra le quali noi abbiamo stabilito il confronto, il per-

Digitized by Google

sonale che accompagna i convogli sarà generalmente lo stesso; ma può esser inferiore sulla piccola ferrovia, perchè la maggior facilità di salire e scendere dalle vetture rende i viaggiatori più indipendenti dalle guardie che non succeda sulle grandi linee, sulle quali inoltre (parliamo del continente soprattutto) certi barocchi regolamenti fanno quasi un delitto ad un viaggiatore di aprire uno sportello e prendere il posto che gli conviene, anzichè aspettare l'invito, non sempre troppo civile, d'una guardia di salire in un compartimento già mezzo occupato, per lasciarne un altro interamente vuoto.

Se poi si preferisce aumentare il numero de' treni per attirare i viaggiatori, generalmente il numero delle vetture per ogni treno sarà minore, il numero delle guardie (incaricate anche della manovra dei freni) può essere ridotto e meglio impiegato, aumentandone il percorso giornaliero: sopra una diramazione di 30 chilometri, due capi-convoglio e quattro guardie basterebbero per otto treni, con un percorso di 120 chilometri al giorno, ciò che esigerebbe al massimo otto ore di servizio attivo.

Sicchè vediamo nuovamente che l'aumento nel numero de' convogli non impone sempre la maggiore spesa di personale.

La manutenzione della strada è affidata in parte ai cantonieri distribuiti sulla linea stessa; ma specialmente a squadre, il cui ufficio è di percorrere continuamente la linea per le occorrenti riparazioni e sostituzioni di materiali nuovi ai vecchi.

Ora, sopra una piccola ferrovia, il volume di ghiaia da conservare in buono stato è appena la metà di quello di una ferrovia ordinaria; le traversine, e soprattutto le ruotaie, sono più leggiere: mentre a smuovere una ruotaia che pesa 32 a 34 chilogrammi al metro, cioè da 192 a

204 chilogrammi per pezzo di 6 m., ci vogliono quattro robusti operaj, due, od al più tre bastano per manovrare con sufficiente facilità una ruotaia della stessa lunghezza, ma che pesa appena 20 chilogrammi al metro, cioè 120 chilogrammi in tutto.

Le squadre perciò, o sono meno numerose, o possono eseguire maggior lavoro; ad ogni modo, il personale della manutenzione costa meno sopra una piccola, che sopra una grande ferrovia.

La provvista poi dei materiali costa in proporzione della quantità richiesta, e perciò meno per una piccola ferrovia.

E qui occorre di far notare che le ruotaie, la rinnovazione delle quali rappresenta la spesa più considevole, dopo quella del personale, nel capitolo della manutenzione, dovrebbero durare, sopra una piccola ferrovia, più lungo tempo che non sulle ferrovie ordinarie; sulle quali, abbandonato il sistema arbitrario di misurare la durata delle ruotaie dagli anni di servizio, si preferisce ora di misurarla dal numero di tonnellate che vi passano sopra, tenendo perciò conto dell' attività del movimento; e s'è trovato, per esperienza, che ruotaie di ferro di buona qualità debbono resistere in media al passaggio di 14 a 15 milioni di tonnellate: ossia, supposto il peso medio dei treni, compresa la locomotiva, eguale a 150 tonnellate, le ruotaie dovrebbero resistere al passaggio di 100,000 treni, prima di deformarsi al punto da dover essere rimpiazzate da ruotaie nuove.

Ma bisogna notare che le locomotive, le cui sale portano anche 13 e più tonnellate, guastano le ruotaie più rapidamente, che non tutto il peso del treno rimorchiato, cadauna sala del quale non porta più di 7 a 7 1|2 tonnellate al massimo.

Sulle piccole ferrovie invece, non solo non si verifica una differenza così grande fra il peso di cui son caricate le sale de' motori e quelle de' vagoni, ma soprattutto il peso massimo sopra una sala motrice si riduce a quattro tonnellate al più; cosicchè, in ultimo, malgrado il minor diametro delle ruote, la minor larghezza del fungo delle ruotaie e della faccia del cerchione, la pressione al punto di contatto fra le ruote motrici e le ruotaie è molto minore sulle piccole che sulle grandi ferrovie.

E l'ing. Pihl, che già abbiamo nominato come l'intelligente introduttore delle ferrovie economiche in Norvegia, diede molta importanza alla riduzione del peso delle sale motrici in limiti tali che di poco oltrepassassero quelli imposti per i vagoni, affine di poter ammettere un armamento leggero, ma senza detrimento della solidità e di un'economia ben intesa.

Ora è appunto questa enorme pressione, concentrata in un solo punto, che distrugge rapidamente le ruotaie, non mai perfettamente saldate.

Ammettendo tuttavia che la durata delle ruotaie sulle piccole ferrovie non sia maggiore che sulle ordinarie, malgrado la distribuzione più uniforme del carico, trovandosi il peso de'convogli, soprattutto a cagione delle macchine più leggiere per una ferrovia a traffico limitato, ridotto in media a 40 o 50 tonnellate al più, si scorge che le ruotaie dovrebbero resistere al passaggio di 300,000 treni, cioè un numero triplo di convogli di quello delle grandi linee.

Si può dunque, sopra una piccola ferrovia, aumentare considerevolmente il numero de' convogli, senza temere che le spese di manutenzione aggravino l' esercizio nella stessa misura che sopra una ferrovia a sezione ordinaria.

Digitized by Google

Il numero de'macchinisti dipende soprattutto da quello delle macchine; ma il loro servizio è meno faticoso, quando trattasi di condurre una locomotiva, che pesa appena 10 a 12 tonnellate, in confronto di una che pesa almeno il doppio: senza neppur parlare delle complicate macchine impiegate sopra le linee a grande traffico, e che pesano 40 e più tonnellate senza *tender*.

Le funzioni di fuochista potrebbero esser affidate a giovani aspiranti; e, per ultimo, il personale dei depositi potrebbe essere ridotto considerevolmente, sopra una piccola ferrovia, perchè la leggerezza e la semplicità delle macchine lascierebbe agio al macchinista stesso di ripulirle e smontarle, senza il sussidio di assistenti.

Per analoghe considerazioni. la ripulitura delle vetture e dei vagoni, e la riparazione dei piccoli guasti sono molto più facili per veicoli i quali, per le loro dimensioni ed il loro peso, meglio si possono paragonare alle vetture ed ai carri ordinarii, anzichè ai veicoli delle ferrovie a grande sezione.

Le officine di riparazione, meno estese, e fornite di strumenti meno costosi, eseguirebbero, con un personale meno numeroso, la riparazione delle macchine e dei veicoli per una ferrovia a piccola sezione con minore spesa che per una ferrovia ordinaria, il cui materiale necessita l'impiego di strumenti più potenti.

Il consumo di combustibile costituisce quasi la metà della spesa di trazione; è quindi importante, soprattutto ne' paesi sprovvisti di carbon fossile, di ridurre il consumo alle proporzioni minime.

Questo scopo si raggiunge proporzionando al traffico la potenza delle macchine, le quali inoltre debbono esser comperate dai più riputati costruttori, alimentate con acqua

Digitized by Google

di ottima qualità, e conservate sempre in buono stato, non trascurando le necessarie riparazioni.

Non v'ha dubbio che, date due locomotive, una per una ferrovia a scartamento ordinario ed a gran traffico, e l'altra per una ferrovia a scartamento ridotto ed a traffico moderato, le pendenze essendo le stesse ne' due casi, ed il peso de' treni convenientemente proporzionato alla potenza delle macchine ed al profilo delle linee rispettive, la grossa locomotiva consumerà, per ogni tonnellata di peso lordo (compreso il peso proprio) messo in movimento, alquanto meno di combustibile che la macchina piccola. supponendo che la velocità sia la stessa, e che nessuna causa speciale, come diversità di sistema di costruzione, o di qualità di carbone o di acqua, abbia alcuna influenza sull'andamento delle due macchine e sull' utilizzazione del combustibile.

È pur evidente che, se vuolsi impiegare una grossa macchina per rimorchiare un treno assai leggero, il consumo di combustibile sarà di pochissimo ridotto, perchè i cilindri sono grandi, e la griglia troppo larga; mentre poi, se vuolsi con una piccola locomotiva rimorchiare un treno troppo pesante in proporzione della superficie di riscaldamento e della griglia, il consumo di combustibile sarà considerevole, non solo perchè generalmente in tal caso non si potrà trar partito della dilatazione del vapore, ma soprattutto perchè, forzando, come si dice, il fuoco (facile cosa al macchinista, diminuendo l'orifizio della scarica nel camino per accrescere la corrente d'aria), una parte considerevole di carbone minuto è trascinata attraverso i tubi, e si deposita nella cassa del fumo, senza produrre effetto alcuno.

Tra questi due estremi sta appunto la soluzione d'una trazione economica.

Si possono evidentemente costrurre delle locomotive per lo scartamento normale, ma con piccoli cilindri, e con griglia molto stretta, destinate a rimorchiare pochi vagoni: le locomotive impiegate a far le manovre de' convogli in molte stazioni importanti appartengono a questa categoria; ma, come già abbiamo osservato, esse riescono inevitabilmente molto più pesanti rispetto alla loro forza, che le grosse macchine; sicchè, quantunque adattate per muovere treni leggieri là dove non è questione di modificare il binario, esse non reggono al confronto colle locomotive per lo scartamento ridotto, perfettamente proporzionate, e delle quali esistono oramai molti modelli usciti da fabbriche riputatissime, a due ed a tre sale. Tra quest'ultime sono da commendarsi quelle progettate dall'ing. Pihl per le ferrovie norvegesi a due sale accoppiate, e la sala anteriore libera e montata sul carrello triangolare Bissel, dal nome dell'inventore, per passare più agevolmente sulle curve.

Queste piccole locomotive, quando limitate al servizio per cui furono costrutte, danno buonissimi risultati, e non bruciano più di 4 a 5 chilogrammi di carbone per chilometro percorso, trascinando facilmente 100 a 120 tonnellate sopra pendenze di 4 a 5 millesimi, oppure 50 tonnellate sopra pendenze di 16 a 17 millesimi, come le macchine che fanno attualmente il servizio sulla ferrovia Torino-Rivoli. Il consumo invece di carbone per locomotive delle dimensioni ordinarie non sarebbe mai inferiore a 6 o 7 chilogrammi, anche con treni leggeri.

Siccome sollevasi talvolta la questione se le piccole locomotive posseggano un grado sufficiente di aderenza; siccome, anzi, da certi promotori di novità si asserisce che le locomotive, in generale, non posseggono aderenza sufficiente, e solo per questa ragione esse sono fatte straordinariamente pesanti, affinchè le ruote motrici non sdruc-

ciolino sulle ruotaie, le quali alla loro volta debbono esser solide abbastanza per resistere al carico delle sale motrici, per cui stranissime combinazioni sono proposte per rimediare a questo difetto immaginario delle locomotive; così non sarà fuor di luogo il far notare quanto errino questi innovatori (*).

L'*aderenza* non è altro che quella frazione dell'attrito totale che può svilupparsi tra le ruote motrici (comprendendo anche le ruote accoppiate) e le ruotaie, e che, impedendo alle ruote stesse di sdrucciolare sotto l'impulso del vapore che agisce sugli stantuffi, obbliga la macchina a muoversi lungo le ruotaie.

L'aderenza massima è eguale al *terzo* del peso di tutte le sale accoppiate, ma in pratica non si fa assegnamento che sul *sesto*, ed in certe condizioni piuttosto rare, nelle gallerie ad esempio, e con tempi nebbiosi, l' aderenza può discendere fino al *decimo* e meno del peso accennato.

È noto che, dopo infruttuosi tentativi per far camminare le prime locomotive per mezzo di ruote dentate e di dentiere rettilinee, o per mezzo di certi organi che riproducevano l'azione delle gambe di un quadrupede, fu una vera scoperta quella di Blackett, che l' attrito fra le ruote e le ruotaie, senza bisogno di ruote dentate od altri ordigni, bastava a dare alle locomotive il punto d'appoggio od il fulcro, per avanzare lungo le ruotaie.

(*) Tra i sistemi più irrazionali, tanto perchè si fondano sopra un'idea falsa, quanto perchè propongono un rimedio peggiore del male, va annoverato quello del signor Larmanjat, il quale cerca l'aderenza sul suolo ordinario delle strade. Parecchi esperimenti di questo sistema ebbero luogo nelle vicinanze di Parigi; tuttavia, malgrado un successo apparente e l'approvazione di qualche giornale, noi non esitiamo a predire vita corta al medesimo.

Forsechè quello che fu vero per tanti anni non è più vero adesso? Nulla di ciò; ma gli innovatori dicono che per ottenere un attrito sufficiente è necessario esagerare a bello studio il peso delle locomotive.

Nessuno che conosca di quali parti si compone una locomotiva scuserà una così strana opinione. Poichè, se certe macchine pesano più di trenta tonnellate senza neppur contare il *tender*, egli è perchè s'ha bisogno d'una immensa caldaia, con molti tubi, ed un focolare proporzionato affine di poter bruciare in un tempo determinato una quantità di carbone tanto maggiore, quanto più pesante è il treno da rimorchiare, poichè nel carbone sta la forza della macchina, ed il vapore è il mezzo di convertire in lavoro la potenza nascosta nel combustibile; ma per ogni chilogramma di questo bisogna evaporare da 7 ad 8 chilogrammi d' acqua, sicchè, aumentando la griglia, si deve pur aumentare la caldaia, i cilindri e le dimensioni di tutti gli organi, e perciò il peso dell' intiera locomotiva, e quindi anche l'aderenza della medesima sulle ruotaie.

Non s'aumenta dunque il peso delle macchine all'unico scopo d'ottenere una maggior *aderenza*, che non è la potenza della locomotiva, ma per poter bruciare più carbone in un dato tempo; chè anzi ogni progresso nella costruzione delle locomotive ha avuto per risultato di aumentarne la potenza più rapidamente che il peso, cioè precisamente l'opposto di quanto asseriscono e stabiliscono come assioma gl' inventori suaccennati.

Finora la scienza non ha ancora indicato il modo di costrurre una locomotiva tanto potente rispetto al suo peso, che l'aderenza da questo sviluppata sia insufficiente come punto d'appoggio; nè i pochi casi in cui macchine a piccola velocità, e destinate a sforzi enormi, non pos-

seggono momentaneamente aderenza sufficiente, sicchè si ricorre all'uso della sabbia, bastano a giustificare le innovazioni proposte, del cui merito intrinseco non occorre qui far parola. Tuttavia, poichè queste invenzioni si propongono specialmente per ferrovie economiche, faremo solo notare, dopo le osservazioni esposte, quanto sia ridicolo il dire, ad esempio, che un motore che prenda l'aderenza sul suolo, quantunque pesi appena 7000 chilogrammi, rimorchierà 50,000 chilogrammi sopra una pendenza di 50 millesimi, mentre in realtà neppur il vapore sviluppato da una locomotiva di 40 tonnellate sarebbe a ciò sufficiente.

Queste osservazioni sono applicabili anche alle piccole locomotive, le quali non solo non mancano d'aderenza in proporzione della quantità di combustibile che possono bruciare, ma anzi, in confronto delle grosse, possono contare sopra una frazione maggiore, poichè non solo esse sono costrutte delle stesse sostanze, cioè ferro, acciaio, ghisa, bronzo ecc., ma una piccola caldaia, come pure un piccolo cilindro, pesano, in proporzione alle loro dimensioni, alquanto più che le parti corrispondenti d'una grossa locomotiva, e così dicasi d'altri organi.

In tutto ciò che precede non abbiamo detto molto intorno alle pendenze, poichè, laddove la conformazione del suolo le rimpone inevitabilmente, le piccole locomotive, sopra una linea a scartamento ridotto, proporzionando il carico alla loro forza, potranno sormontarle, non solo così facilmente quanto le grosse locomotive sulle linee ordinarie, ma anzi con qualche maggior facilità, potendosi economizzare sul peso morto.

L'economia, che la riduzione del binario permette di realizzare in confronto delle ferrovie a binario normale, è tanto maggiore, quanto più limitato è il movimento; e di-

minuisce fino al punto di convertirsi in maggiore spesa, a misura che il traffico aumenta.

Quando le spese d'esercizio fossero eguali ne' due casi, la piccola ferrovia possederebbe sempre il vantaggio di un minor capitale immobilizzato nella costruzione.

A noi è soprattutto importante metter fuori di dubbio che la riduzione del binario permette (oltre all'economia di costruzione) di considerevolmente ridurre le spese di esercizio al disotto di quel limite, che l'esperienza ha fissato per le linee a poco traffico; e perciò, dopo aver indicato come si possano ottenere riduzioni in ogni capitolo di spesa, proveremo con esempi, che l'economia può salire almeno al *terzo* della somma necessaria per una ferrovia a scartamento normale.

I migliori esempi ci sono forniti dai risultati delle ferrovie norvegesi, costrutte dall' ing. Pihl, i cui sforzi per dotare il suo paese d'una rete di piccole ferrovie ampiamente sufficienti per i bisogni d'una regione così scarsamente popolata, e, per ora almeno, povera di capitali, furono coronati dal più completo successo; e siccome i prodotti delle ferrovie, che intendiamo citare, sono tanto piccoli, che avrebbero bastato appena a coprire la metà delle spese d' esercizio d' una ferrovia ordinaria, mentre invece fu possibile ottenere un piccolo sopravanzo degli introiti sulle spese adottando il sistema economico propugnato dal Pihl, così, oltre all'onore al medesimo dovuto, si deve forzatamente ammettere la razionalità del suo sistema e la necessità d'introdurlo là dove le circostanze locali non sono guari migliori che in Norvegia.

Noi citeremo quattro linee norvegesi, una a sistema ordinario, e tre a sezione ridotta, affinchè tutte le circostanze concomitanti, le quali, oltre al sistema di costru-

zione, influiscono sull'ammontare, tanto de'prodotti, quanto delle spese, siano le stesse.

La linea a scartamento normale è quella da Lilleströmmen a Kongsvinger, di cui già abbiamo parlato a pagina 97 e seguenti, spinta fino a Charlottenberg, sicchè raggiunge uno sviluppo di 122 chilometri (*)

Le tre linee a scartamento ridotto sono quelle conosciute coi nomi seguenti: Hamar-Elverum (vedi pag. 97 e seg.) spinta a Grundset, la lunghezza totale essendo perciò di chil. 38,4(*); Drammen-Randsfiord, lunga chil. 90,3; e Troudheim-Stören lunga chil. 48,6.

Nel quadro seguente sono raccolti, per maggior facilità di confronto, gli stessi dati per le quattro linee, comprendendo gli elementi della costruzione, dell'esercizio (prodotti e spese) e della statistica.

Le relazioni assai estese pubblicate dal Governo scandinavo ed un quadro riassuntivo delle ferrovie costrutte, in costruzione e progettate, ci hanno permesso di scegliere e dedurre tutte le cifre necessarie al nostro scopo.

L'ingegnere Pihl, al quale siamo grati d'averci con molta sollecitudine e gentilezza comunicati gl' importanti documenti, che ci permettono di aggiunger forza al nostro argomento con esempi pratici di tanto valore, ebbe anche a farci osservare che, a suo avviso, la ferrovia Drammen-Randsfiord può considerarsi rappresentare le condizioni medie di costruzione e di esercizio d'una linea a scartamento ridotto.

(*) Scrivendo le pag. 97 e seguenti, l'Autore non conosceva ancora parecchi documenti officiali, che descrivono le ferrovie di Lilleströmmen-Kongsvinger e Hamar-Elverum intieramente terminate, e che gli furono più tardi gentilmente comunicati dallo stesso ingegnere Pihl.

Digitized by Google

Ecco ora il quadro, al quale faremo poi seguire qualche osservazione:

	Lilleströmmen-Kongsvinger.	Hamar-Elverum	Drammen-Randsford.	Troudhim-Stören.
Generalità.				
Distanza tra le faccie interne delle ruotaie	1,^{m}440	1,067	1,067	1,067
Lungh.^{a} delle linee Chil.	122	38,4	90,36	48,6
Numero di Stazioni . .	12	9	11	10
Distanza media fra le Stazioni . . . . Chil.	11,1	4,8	9,0	5,4
Massima elevazione sul mare . . . . . m.	154	241	201	141
Elevazione del punto più alto sul più basso m.	49	144	199	128
Pendenza massima . . .	0,005	0,014	0,017	0,024
Contropendenza massima	0,004	0,011	0,013	0,018
Raggio minimo . . . m.	392	314	283	235
Spesa di costruzione Per chil., compreso il materiale mobile L.	922,27	571,20	721,60	835,60
Materiale mobile.				
Locomotive . . . . . N.°	9	3	6	4
Peso medio delle locomotive con acqua e carbone . . . . . Kg.	30,000	15,000	13,500	15,000
Massimo peso, che produce aderenza . . »	25,000	11,000	12,800	11,000
Minimo » » »	13,060	»	8000	»
Peso lordo massimo che le locomotive possono rimorchiare sulle rispettive linee . Ton.	409	84	84	55
Vetture miste di 1^{a} e 2^{a} classe . . . . . N.°	8	3	0	4
» di 2^{a} cl. . . »	5	2	9	6
» di 3^{a} cl. . . »	14	0	26	23

	Lillestrôm-Kongsvinger	Hamar-Elverum	Drammen-Randsfiord	Trondheim-Stôren.
Vagoni a bagaglio . »	8	3	3	3
» a merci . . »	272	50	139	34
Posti offerti in media per vettura . . . »	34	28	29	30
Peso medio d'una vettura . . . . . Kg.	4,850	4,650	4,250	4,700
Portata media d'un vagone a merci . . . »	6,000	5,000	5 a 7000	5000
Peso medio d'un vagone . . . . . »	4,000	3,300	3,400	3,300
Introiti (anno 1870).				
Viaggiatori e bagagli per chilometro . . L.	1,183	1,136	1,500	1,358
Merci, bestiame ecc. »	3,698	1156	1,691	1,924
Prodotti diversi . . »	494	119	162	54
Prodotto totale per chilometro . . . . . »	**5,375**	**2,821**	**3,353**	**3,336**
Prodotto medio per viaggiatore-chilometro »	0,031	0,050	0,033	0,034
» » d'una tonnellata-chilometro »	0,050	0,170	0,075	0,130
Prodotto medio per locomotive chil.: viaggiatori e bagagli . L.	0,565	0,801	0,876	0,760
Id. id. merci . . »	1,765	1,100	0,950	1,070
Id. id. entrate diverse . . . . . »	0,236	0,080	0,095	0,030
Prodotto medio totale per locom. chilom. »	**2,566**	**1,981**	**1,921**	**1,860**
Spesa.				
Manutenzione della strada e de' ponti per chilometro . . . . L.	1,180	489	588	1,150
Esercizio e trazione id. »	1,559	577	432	833
Riparazioni delle vetture e de' vagoni id. »	528	151	167	135
Manutenzione delle Stazioni id. . . . . »	399	145	72	109

Digitized by Google

	Lilleströmmen-Kongsvinger.	Hamar-Elverum.	Drammen-Randsfiord	Trondheim Stören.
Personale delle Stazioni guardie, illuminazione, riscaldamento ecc. id. . . . . »	746	751	609	735
Spese generali . . . »	209	253	313	301
Spesa totale per chilometro . . . . . »	**4,623**	**2,368**	**2,182**	**3,244**
Manutenzione della strada e de'ponti per locomotiva chil. . . L.	0,564	0,344	0,342	0,642
Esercizio e trazione. »	0,744	0,406	0,252	0,454
Riparazioni delle vetture e vagoni id. »	0,252	0,106	0,098	0,075
Manutenzione delle Stazioni id. . . . . »	0,190	0,102	0,042	0,061
Personale delle Stazioni ecc. ecc. id. . . . »	0,357	0,528	0,354	0,412
Spese generali id . . »	0,100	0,178	0,175	0,168
Spesa tot e per loc. id. »	**2,207**	**1,664**	**1,268**	**1,812**
Prodotto netto per chilometro . . . . . L.	752,060	453,590	1170250	91,360
id. id. per locomotiva chilom. . . »	0,359	0,319	0,658	0,051
Rapporto del prodotto netto al capit e p. % »	0,867	0,794	1,621	0,109
id. della spesa all'introito p. % . . »	86,000	83,900	62,110	97,300
Proporzione delle spese.				
Manutenz. della strada »	25,5	20,7	26,9	35,5
Esercizio, personale, Stazioni, ecc.	70,0	68,6	58,7	55,3
Spese generali	4,5	10,7	14,4	9,3
Dati statistici.				
Viaggiatori di 1ª cl. N.°	2,671	4,203	0	3,324
id. di 2ª cl. »	22,302	43,406	38,772	23,375
id. di 3ª cl. »	98,261	0	316,418	56,708
id. Totale	123,234	47,609	355,190	83,407

	Lilleströmmen-Kongsvinger	Hamar-Elverum	Drammen-Randsfiord.	Troudheim-Stören
Percorso medio d'un viaggiatore . . . chil.	37,51	18,07	24,85	22,59
Merci . . . . Tonn. N.°	120,600	12,165	32,500	16,750
Percorso medio d'una tonnel. di merci chil.	72,09	28,34	56,48	40,66
Numero medio di treni (viaggiatori e merci) per giorno e sull'intiera linea . . . . . »	5,53	3,84	4,40	4
Percorso annuo medio d'una locomotiva chil.	28,394	18,208	27,029	21,754
id. d'una vettura »	21,070	20,720	13,260	7,120
id. d'un vagone »	6,700	4,270	5,800	9,640
Composizione media de' treni.				
Vettura di 1ª e 2ª cl. N.°	0,037	0,52	1,030	1,650
id. 3ª cl. . . . . »	1,494	1,54	2,220	1,610
Vagoni con freno . »	1,869	1,06	1,030	1,350
id. a merci . . »	12,369	2,99	4,230	3,610
Veicoli in media »	16,569	6,11	8,510	8,220
Peso medio brutto d'un treno, compresa la locomotiva . . . Ton.	136	48	60	54
Numero medio di viaggiatori per treno . .	19	16	28	27
Peso medio netto dei viaggiatori . . . Ton.	1,4	1,2	2,1	2,0
Peso medio netto di merci per treno . . .	36,5	6,8	13,75	10,0
Numero dei posti occupati in media per vettura	8	7,7	8,6	8,2
Proporzione fra i posti occupati ed offerti . .	0,24	0,26	0,30	0,27
Peso morto medio per ogni viaggiatore Ton.	0,6	0,6	0,490	0,575
Carico medio d'un vagone . . . . . »	2,9	2.1	2.340	2,500

	Lilleströmmen-Kongsvinger.	Hamar-Elverum	Drammen-Randsfiord.	Troudheim-Stören
Peso morto per tonnellata di merci . . . »	1,379	1,571	1,453	1,320
Consumo combustibile per locom. chil. Kg.	7,98	6,96	5,95	7,50
Ton. chil. (compreso il peso delle macchine) per chilogramma di combustibile	17,1	6,9	10,1	7,2
Spesa media per ton. chil. (peso brutto) . L.	0,016	0,034	0,021	0,033

Poche osservazioni sono necessarie per rettamente interpretare i dati raccolti nel quadro precedente. Il carattere delle linee è chiaramente indicato.

La prima, a sezione normale, quasi piana: la differenza massima di livello, di 49m appena sopra uno sviluppo di chilometri 122, fu superata con pendenze e contropendenze di 5 e di 4 millesimi, delle quali non suolsi neppur tener conto nella formazione de' treni; il raggio minimo di poco inferiore a 400 metri.

Le altre linee (a sezione ridotta), assai più corte, presentano invece differenze di livello di 128 a 199 metri, con ondulazioni di profilo così frequenti, che imposero pendenze di 14 e 11 millesimi per la linea da Hamar a Elverum, di 17 e 13 millesimi per la linea Drammen-Raudsfiord, e di 24 e 18 millesimi per la ferrovia Troudheim-Stören.

Quest'ultima linea soprattutto offre le più forti pendenze sopra uno sviluppo assai limitato, con curve di raggio di metri 235; ed il costo chilometrico è piuttosto elevato, perchè attraversa un paese roccioso.

L'influenza delle pendenze è assai sensibile sulle spese di costruzione, come pure su quelle di trazione.

Digitized by Google

I prodotti sono molto limitati: da L. 5375 per chilometro sulla ferrovia a scartamento ordinario, e che attraversa un paese facile e gode d'un discreto movimento di merci, discende a L. 2821 per chilometro per la ferrovia Hamar-Elverum, sulla quale il movimento delle merci è minimo.

Sopra tutte le linee il servizio de' treni è limitato allo stretto bisogno, specialmente durante l'inverno; la popolazione molto sparsa, i prodotti del suolo molto scarsi non danno luogo a transazioni frequenti: il prodotto per locomotiva-chilometro discende da L. 2,56 a L. 1,86.

Le spese d'esercizio salgono per chilometro a L. 4623 circa sulla ferrovia a scartamento normale, e a L. 2183 appena sulla migliore fra le linee a scartamento ridotto.

La somma di L. 4623 (nella quale non è compresa alcuna riserva per il rinnovamento generale del materiale fisso e mobile, e che, secondo il sig. Jacqmin, abbiamo veduto non dovrebbe esser inferiore a L. 2000 per chilometro), è alquanto al disotto di quella che noi, tenendo conto de' risultati delle ferrovie citate dell'Alsazia e della Scozia, abbiamo trovato essere indispensabile in media, cioè L. 6500.

È però da porsi mente che il carbone non costò in Norvegia più di lire 18 (oro) per tonnellata, mentre in Italia verso la stessa epoca si pagava almeno L. 32; e questa differenza di L. 14 per tonnellata aumenterebbe le spese di trazione del 40 0|0 almeno. Tra le spese per la manutenzione, quella delle traversine è molto piccola in Norvegia, dove abbonda il legno, e le ruotaie stesse costano meno che in Francia od in Italia.

Inoltre gli stipendii de' Capi-Stazione variano da L. 2000 circa a 1000 circa; quelli de' telegrafisti da 742 a L. 405, mentre un operaio è meglio pagato, e riceve L. 869 all'anno, un macchinista riceve L. 1200, uno scaldatore L. 1090, ed un ripulitore L. 869.

Sulle piccole ferrovie, gli stipendii discendono talvolta ancora più basso: de' Capi-Stazione ricevono appena L. 869, e degli operaj L. 600.

Per ultimo, non esistono guardavia, che a certi punti più importanti.

Volendo perciò stabilire un confronto colle ferrovie francesi od italiane, la spesa del personale dovrebbe esser aumentata del 30 0|0 almeno, e la quota delle spese generali e diverse almeno raddoppiata.

Tenendo conto della maggiore spesa per il combustibile, i materiali di riparazione e gli stipendii, la differenza tra le spese d'esercizio della linea Lilleströmmen-Kongsvinger e quelle di linee analoghe in Francia ed in Italia (40 0|0 circa), sparirebbe facilmente, pur ammettendo che l'Amministrazione norvegese merita encomio per la parsimonia così opportunamente osservata nell'esercizio delle ferrovie, e che grandemente contribuì a facilitare l'estensione delle medesime, malgrado che la scarsità della popolazione, un commercio molto ristretto, e quasi nessuna industria non potessero offrire grande incoraggiamento ad immobilizzare capitali destinati a rimanere improduttivi.

Per ragioni analoghe le spese d'esercizio delle piccole ferrovie dovrebbero esser aumentate del 40 0|0 all'incirca, affinchè i risultati siano applicabili al nostro paese; ciò che tuttavia non modificherebbe i rapporti fra loro.

Ora, se noi ammettiamo che la somma di L. 4600 circa rappresenti la spesa minima d'esercizio d'una ferrovia a scartamento normale, ma quasi piana, in Norvegia noi vediamo che la spesa d'esercizio d'una ferrovia a sezione ridotta, ma con pendenze più forti, può esser limitata a L. 2200 circa per chilometro, cioè a meno della metà della somma necessaria per la grande ferrovia.

Anche ammettendo che, in ossequio alle esigenze del pubblico e de' regolamenti stessi, i quali impongono alle Amministrazioni ferroviarie molte spese per sorveglianza, controllo, sicurezza ecc., non sia sempre lecito evitare ogni spesa non assolutamente necessaria, non si può certamente negare, colla scorta degli esempi addotti, che in ogni caso le spese d'esercizio d'una piccola ferrovia possono limitarsi ai due terzi almeno, se non alla metà di quella corrispondente per una ferrovia ordinaria; e nel fare una tale concessione, noi desideriamo evitare l'apparenza stessa di parzialità a favore del sistema propugnato.

L'economia del sistema a sezione ridotta si verifica in ogni cespite di spesa, all'infuori di quelli ove predomina l'elemento del personale.

È però necessario l'osservare che le tre piccole ferrovie citate godono d'un traffico talmente ristretto e talmente al disotto di quello cui potrebbero facilmente sopperire, che fu necessario ridurre a quattro per giorno il numero de' treni, sicchè il personale è malissimo impiegato.

Quali risultati sarebbonsi ottenuti se, non tenendo neppur conto d'una considerevole maggiore spesa di costruzione, si fossero imposte le spese d'esercizio minime della ferrovia a sezione normale, di molto superiori ai modestissimi introiti delle tre linee?

Mentre attualmente l'esercizio delle tre ferrovie economiche si chiude con un piccolo attivo, il quale, non v'ha dubbio, aumenterà d'anno in anno, se le ferrovie fossero state costrutte a sezione normale, non solo non s'otterrebbe interesse alcuno dal maggior capitale speso, ma ogni esercizio chiuderebbesi con una perdita, che (supposte le ferrovie nelle mani di una Società d'azionisti) andrebbe aumentando ogni anno coll' addizione di quella dell'anno precedente, fino a che la Società si dichiarasse in falli-

mento, se un aumento straordinario degli introiti non riuscisse a salvare l'impresa.

Continuando a studiare il quadro, noi troviamo che il peso medio brutto d'un treno è sulla gran linea di Lilleströmmen-Kongsvinger considerevolmente al disotto della potenza delle locomotive, mentre sulle piccole ferrovie, specialmente per quella di Troudheim-Stören, sulla quale s'incontrano le pendenze più forti, il peso medio de' treni s'avvicina al massimo che le piccole locomotive possono rimorchiare; e ciò conferma quanto abbiamo detto sulla necessità di proporzionare la potenza delle macchine al bisogno.

Il numero medio di viaggiatori per treno è in due casi superiore al numero dei medesimi sulla gran linea, ed il peso morto corrispondente è sensibilmente inferiore su quelle in confronto di questa, mentre la proporzione dei posti occupati ai posti offerti è anche in favore delle piccole linee. Quantunque il peso medio di merci per treno sia di molto inferiore sulle ferrovie economiche in confronto della linea normale, il peso morto corrispondente non è sensibilmente superiore che nel caso pessimo, in cui il peso medio di merci per convoglio si riduca a 6, 8 tonn.

Il consumo di combustibile per tonnellata-chilometro (compreso il combustibile per l' accendimento, nonchè quello per le riparazioni) non è di molto inferiore sulle ferrovie a scartamento ridotto in confronto della grande sezione; il peso brutto poi rimorchiato per chilogramma di combustibile e per chilometro è di molto inferiore sulle tre ultime linee; e finalmente la spesa di trazione d'una tonnellata (peso brutto) è assai minore sulla grande linea che sulle altre.

Ragionando superficialmente, si potrebbe credere che questi tre risultati siano fatali alle ferrovie economiche; è però facile l'interpretare queste cifre.

Digitized by Google

Il consumo di combustibile per chilometro dipende dal percorso chilometrico annuo delle locomotive, ed inoltre dal lavoro meccanico che le medesime debbono sviluppare: lavoro connesso col peso dei treni e col profilo della linea, senza tener conto della velocità, che è ad un dipresso eguale per tutte le ferrovie da noi esaminate.

Ora sulla ferrovia Hamar-Elverum il percorso medio delle locomotive è di chilometri 18,208 appena; sulla ferrovia Troudheim-Stören sale a 21,750 circa; mentre è di 28,394 chilometri sulla ferrovia Lilleströmmen-Kongsvinger, e di 27,029 sulla ferrovia Drammen-Randsfiord. Nessuna meraviglia perciò se sulle due prime ferrovie il consumo di combustibile è elevato, a cagione del percorso limitato; ciò che significa ripetuti riaccendimenti e lunghe fermate con fuoco acceso.

Il consumo di combustibile dipende pure dal lavoro meccanico imposto alle macchine; ora le pendenze sono molto più forti su cadauna delle tre piccole ferrovie, che su quella a sezione normale.

Gli sforzi, infatti, che le locomotive debbono sviluppare per mettere in movimento sopra la massima pendenza di cadauna linea il treno di composizione media (adottando 6 chilogrammi per la resistenza media dei vagoni e delle macchine sull' orizzontale), sarebbero rispettivamente i seguenti:

Lilleströmmen-Kongsvinger	Hamar-Elverum	Drammen-Randsfiord	Troudheim-Stören
1500 chil.	960 chil.	1380 chil.	1620 chil.

Queste cifre danno una misura almeno approssimativa dell'influenza del profilo e del peso brutto dei treni sul consumo di combustibile, e dimostrano evidentemente l'economia delle piccole locomotive, poichè il consumo proporzionatamente elevato sulla ferrovia Hamar-Elverum deve

soprattutto ascriversi al percorso troppo ristretto delle macchine.

È anche spiegato al tempo stesso perchè il peso rimorchiato apparisca, per chilogramma di combustibile, troppo moderato sulle piccole linee; come pure perchè la spesa di trazione d'una tonnellata-chilometro sia più elevata sulle piccole ferrovie, che su quella a sezione normale. Non devesi, infatti, tener conto del peso assoluto rimorchiato, ma della difficoltà vinta, cioè della somma delle pendenze, che si debbono superare, come pure della maggiore resistenza che offrono le curve strette.

Non devesi poi dimenticare che sopra le linee molto accidentate non è soltanto più considerevole la spesa di combustibile, ma anche quella della manutenzione della strada e del materiale mobile. Le ruotaie si logorano più rapidamente, perchè in salita le macchine esercitano tangenzialmente il massimo sforzo di trazione, ed in discesa camminano coi freni applicati; inoltre i fenomeni atmosferici sono più nocivi sulle parti molto inclinate. Il materiale mobile (soprattutto i cerchioni) è più affaticato sulle pendenze che sopra le parti piane delle linee.

Non mancano autori, i quali credono poter dimostrare con formole che l'economia sulle spese d'esercizio in favore d'una ferrovia a binario ristretto ed a traffico molto limitato non può salire a più di 129 lire per chilometro, anche con pendenze di 20 millesimi.

Tra questi è il sig. Varroy, già da noi citato. Le due formole sono molto ingegnose, ma i risultati dipendono dalle premesse, e non s'accordano col fatto.

A noi pare un grave errore quello di ridurre ogni questione ad una formola algebrica, mentre è assoluatmente impossibile tener conto di circostanze, le quali sono svelate dall'esperienza piuttostochè dal ragionamento. Am-

mettiamo pure che da una serie numerosa di fatti concordanti si possa ricavare una legge o formola empirica ridotta a simboli; ma in nessun caso non dobbiamo fare illusione a noi stessi, e ritenere come matematicamente rigorose delle conseguenze dedotte da premesse arbitrarie, dimenticando intanto le lezioni dell'esperienza.

Parecchie altre obbiezioni si sollevano spesso contro le ferrovie a binario ridotto, oltre a quelle che ci siamo sforzati di confutare; e non sarà terminato il nostro còmpito, prima di avere esaminato il valore di tutti gli argomenti de' nostri avversari.

Suolsi affermare che le ferrovie economiche non sono adattate al trasporto di parecchie categorie di merci: così in un opuscolo recentemente pubblicato da un valente ingegnere tedesco (**), il quale, mentre ammette la convenienza di piccole ferrovie per il servizio di miniere o cave, non riconosce loro alcun vantaggio, se destinate al trasporto dei viaggiatori e delle merci, come le ferrovie ordinarie. Vi leggiamo che, siccome la larghezza minima delle vetture dei viaggiatori non dovrebbe esser inferiore a m. 2.30, affine di offrire ai viaggiatori que' comodi stessi che si trovano nelle vetture-tipo (gli omnibus americani, secondo l'autore, introdotti ora in molte città d' Inghilterra e di Germania, e di molto superiori a quelli usati sopra certe linee in alcune città d'Italia); e siccome la distanza fra le ruotaie non dovrebbe esser inferiore alla metà della larghezza delle vetture, così lo scartamento minimo si ridurrebbe a m. 1.10 o 1.20, che non ha diritto ad esser chiamato economico, e possiede soltanto lo svantaggio di non accordarsi col binario normale.

(**) *Ueber Eisenbahnen von localen Interesse, insbesondere Vizinal-und industrie-Bahnen,* von Ad. Schübler; Stuttgart, 1872.

La risposta non è difficile, poichè la regola invalsa sulle ferrovie normali di non ammettere per le casse delle vetture una larghezza superiore al doppio del binario non è assoluta; come dimostra l'esempio del Festiniog-Railway, dove da molti anni corrono con sicurezza vetture larghe m. 1.67, cioè più di due volte e mezzo il binario. Eppure, riconoscendo noi quanto comode siano le vetture americane, soprattutto per il servizio nell'interno delle città, dove i viaggiatori scendono e salgono ad ogni minuto, non possiamo ammettere che le stesse dimensioni siano necessarie, e neppur conveniente la stessa disposizione, sopra ferrovie con stazioni a 5 o 6 chilometri di distanza almeno; quantunque un binario di m. 0.95 permetta benissimo l'introduzione di vetture larghe m. 2.30, cioè due volte ed un terzo circa lo scartamento, ma che però noi non consiglieremmo, affine d'evitare gli inconvenienti di un materiale troppo pesante non solo, ma anche alquanto largo, sicchè la luce delle gallerie e dei cavalcavia, e la distanza fra i parapetti de'ponti dovrebbero essere inutilmente aumentate.

Lo stesso autore aggiunge poi che l'uso di vagoni piccoli corrispondenti ad un binario ridotto renderebbe *evidentemente* difficilissimo il trasporto de' cavalli, delle vetture, del bestiame e del legname da costruzione; oltre che, per certe merci leggiere, il carico completo di un vagone corrisponde ad un volume considerevole, quantunque ammetta che, in generale, possano esser più vantaggiosi i vagoni della portata di 5, anzichè di 10 tonnellate.

In quanto ai cavalli di lusso ed alle vetture, si potrebbe in verità rispondere che non si costruiscono ferrovie per un cespite d'entrata così poco importante; poichè neppure sulle ferrovie più frequentate, esso rappresenta più di un dugentesimo del prodotto totale delle merci, e certo non

Digitized by Google

si vorrebbe spendere la metà di più per la costruzione e l'esercizio per aumentare i prodotti d' una così piccola frazione.

In fatto però una ferrovia a binario ristretto, come consigliamo noi, di m. 0.95 all'incirca, la quale ammette una larghezza massima di 2 metri almeno per le piattaforme de'vagoni (soprattutto trattandosi di merci leggiere) e di 5 metri di lunghezza, con un' altezza libera di m. 2.30 sopra il vagone, non esclude certo il trasporto delle vetture, senza neppur ricorrere al facile rimedio di smontarne le ruote; mentre il rapporto del peso morto al peso utile riesce ben più favorevole sulle piccole ferrovie, perchè nessuna vettura privata, e neppure nessuna vettura per servizio pubblico, pesa più di 1500 a 2000 chilogrammi.

Le stesse dimensioni permettono pur di costruire vagoni-scuderia a due, invece di tre posti, come d' ordinario; siccome però i vagoni-scuderia sono sempre malissimo utilizzati, ed è necessario mantenere alte le tariffe per coprire le spese de' carichi incompleti e dei percorsi senza carico alcuno, così la riduzione del numero de' posti da tre a due non è uno svantaggio, dovendosi frequentemente far viaggiare un vagone-scuderia per un solo cavallo.

Il bestiame propriamente detto, cioè cavalli ordinarii, buoi, vacche, senza neppur parlare del bestiame minuto, cioè pecore, maiali, vitelli, può trasportarsi anche sopra vagoni per piccole ferrovie con 5 metri di lunghezza, riducendo semplicemente il numero de' capi per carico completo.

Consultando ora l'esperienza, noi troviamo che il trasporto delle vetture e del bestiame sulle piccole ferrovie norvegesi da noi citate rappresenta il 2 1|2 per 0|0 circa

del prodotto delle merci: la possibilità di eseguire tali trasporti sulle piccole ferrovie è quindi stabilita; ed in quanto alla sua importanza, non dobbiamo dimenticare che la Norvegia, malgrado la sua grande estensione, è poco adatta ad allevare bestiame in quantità considerevole.

Che il trasporto del legname da costruzione sia poi cosa facilissima sulle ferrovie economiche, ce lo dimostra ancora l'esempio delle ferrovie norvegesi, sulle quali il legno, in generale, fornisce circa il 43 per 0|0 del prodotto totale delle merci (ferrovia Drammen-Randsfiord) ed il 92 per 0|0 del trasporto da certe stazioni.

Lasciando in disparte la legna da ardere, che rappresenta meno del 3 per 0|0 della quantità totale trasportata, il grosso legname sale al 38 per 0|0.

I vagoni specialmente impiegati per questo traffico sono della forma ordinaria, cioè piatti, alcuni lunghi m. 5.47, altri m. 7.30 tra le faccie dei paracolpi; accoppiando due vagoni, si possono quindi caricare travi di 12 metri di lunghezza almeno.

Sulla stessa ferrovia Festiniog, malgrado le sue curve di 45 metri di raggio, si trasportano spesso travi da costruzione di 9 a 10 metri di lunghezza, sopra vagonetti piatti a ciò destinati.

Molte merci, come il fieno, la paglia, il cotone, la lana ecc., sono leggiere al punto, che solo un volume considerevole delle medesime può formare il carico ordinario di un vagone, cioè 8 a 10 tonnellate; da ciò molti, come l'autore ora citato, hanno conchiuso che, sopra ferrovie a binario ristretto, il trasporto di tali merci richiederebbe un peso morto più considerevole che sulle ferrovie ordinarie, ciò che implicherebbe la capacità dei vagoni decrescere più rapidamente che il loro peso.

Ma parlando del peso delle vetture e dei vagoni rispetto al carico netto, abbiamo distinto il peso della cassa, il quale di necessità aumenta proporzionatamente alla diminuzione di capacità (poichè trattasi del rapporto della superficie al volume circoscritto), dal peso della sottostruttura, il quale diminuisce a misura che si riduce lo scartamento; e dagli esempi addotti abbiamo conchiuso che il rapporto fra la portata massima ed il peso si mantiene a un dipresso costante, indipendentemente dalla larghezza del binario, quantunque generalmente sia in favore del binario ridotto. Noi non vediamo quindi per qual ragione i vagoni d'una piccola linea sarebbero meno convenienti per il trasporto di merci leggiere, che quelli di una grande linea, a meno di supporre, come dicemmo, che la capacità (in volume) de' vagoni decresca più rapidamente che il peso; ora il cubo, che un vagone ordinario può caricare, è in media m. $6 \times 2.4 \times 2.2 = 32$ metri cubi circa, ossia (il peso di un vagone essendo di 5,200 chilog. almeno) la capacità per 1000 chilog. di peso morto sarebbe di 6.1 metri cubi.

Sopra una piccola ferrovia si potrebbero introdurre vagoni la cui capacità in volume sarebbe m. $5 \times 1.9 \times 2 = 19$ metri cubi, ed il peso proprio da 3000 a 3100 chilog.

Quest'ultima cifra darebbe per 1000 chilog. di peso morto una capacità di m. c. 6.1, come per le grandi linee.

Una differenza poi di qualche decimetro cubo a favore dell'uno o dell'altro sistema non ha importanza alcuna, non solo perchè le dimensioni scelte sono arbitrarie fra larghi limiti, ma inoltre perchè altre cause più importanti modificano i risultati dell'esercizio d'una ferrovia, quella soprattutto della miglior utilizzazione di un piccolo materiale, là dove il movimento troppo limitato non permette

di trar partito della capacità de' veicoli, come il sig. Marché, nel suo opuscolo già citato, dimostrò succedere per le reti secondarie in più sfavorevole proporzione che sulle principali.

Sulle stesse grandi ferrovie poche sono le merci che, trasportate in grande quantità, permettano di caricar completamente i vagoni: tali sono il carbone, i minerali, i cereali, i materiali da costruzione; ma queste merci fanno nascere un movimento importante in una sola direzione, quindi una considerevole quantità di vagoni, che debbono regolarmente ritornare vuoti.

La migliore utilizzazione de' vagoni ci conduce naturalmente ad esaminare un'altra difficoltà, che, secondo molti avversari, è il perno dell' opposizione ad ogni riduzione di binario; e questa è la necessità di trasbordare le merci nella stazione comune a due linee di diverso sistema.

I diversi autori, che noi abbiamo citato come contrarii ad ogni deviazione dal sistema attuale, non hanno dimenticato questo punto importante, ed hanno cercato di dipingere la difficoltà coi colori più foschi.

La necessità di trasbordar le merci, ed in generale la impossibilità di mescolare il materiale di due linee contigue con binario differente, offrì materia ad un vivacissimo attacco contro le ferrovie economiche, quando il Governo delle Indie inglesi, spaventato dell'ingente somma necessaria a costruire le linee col binario di m. 1.67, adottato per i 10,000 chilometri già costrutti quasi interamente da Società sussidiate, stabilì che il binario di un migliaio di chilometri di linee, di cui ha direttamente assunto la costruzione e l'esercizio, sia ridotto a m. 1.05 (fra gli assi delle ruotaie).

Prima di adottare questa importante risoluzione, la quale non è che il primo passo nella riforma delle ferrovie in-

Digitized by Google

diane (poichè poco per volta il binario ristretto, a forza di estensioni, dovrà diventare il binario normale), il Governo indiano volle conoscere l'opinione di parecchi eminenti ingegneri inglesi; e fu nominata una Commissione, che poi, nel redigere il rapporto, si suddivise in due per divergenza d'opinioni.

Al tempo stesso le Società delle ferrovie indiane, avverse all'innovazione, domandarono l'avviso di altri ingegneri: i pareri contrarii alle piccole ferrovie furono resi di pubblica ragione, raccolti in un opuscolo; e noi li citiamo, appunto perchè condannando essi quelle stesse idee che noi difendiamo, ci fanno pur conoscere gli argomenti ch'essi mettono in campo per sostenere la loro tesi (*).

Il vantaggio di poter spedire le merci sopra lo stesso vagone senza la necessità di trasbordarle in certe stazioni è indiscutibile, come indiscutibile è pure il vantaggio per i viaggiatori di far viaggi lunghissimi senza bisogno di cambiar vettura; e se bastasse parlare in astratto, gli avversari delle piccole ferrovie avrebbero la vittoria.

Ma, riducendo la questione al concreto, si tratta di sapere qual sacrifizio di denaro costa l'unità di binario; e non sarà neppur fuor di luogo investigare se il trasbordo delle merci e dei viaggiatori abbia soltanto luogo quando i veicoli d'una ferrovia non possono continuare il loro viaggio sulla ferrovia contigua.

In Inghilterra, la concorrenza tra le diverse ferrovie, più ancora che l'importanza del movimento delle merci, ha consigliato a ridurre al massimo i trasbordi delle merci

---

(*) *Break of Gange in India. Reports by Messrs. J. Fowler, J. Hawkshaw, G. P. Bidder, and G. L. Molesworth, with correspondence ecc. by W. P. Andrew*; London, 1872.

Digitized by Google

non solo, ma anche dei viaggiatori, nello scopo principale di guadagnar tempo. È però ammesso che il materiale mobile è meno bene utilizzato che sul continente stesso.

Sul continente non esistono, si può dire, treni composti, i quali, dividendosi alle diramazioni in parecchi treni distinti, risparmiano ai viaggiatori l'inconveniente di cambiar vettura e perder tempo.

In quanto ai vagoni, proseguono da una linea all'altra quelli a carico completo, e neppur sempre; e si trasbordano generalmente quelle merci, che sono in troppo piccola quantità per giustificare l'invio d'apposito vagone.

Quantunque poi fra le diverse Amministrazioni, le cui reti si toccano, esistano degli accordi per l'uso reciproco dei vagoni secondo certe regole e tasse previste, non si trova sempre conveniente di permettere ai propri vagoni di circolare per lungo tempo sulle reti vicine, perchè la tassa giornaliera percepita non è generalmente sufficiente a compensare gl' inconvenienti cagionati dalla mancanza di materiale. Se questa tassa è alquanto elevata, allora la Società, che deve ricevere le merci, preferisce trasbordarle sui propri vagoni, anzichè lasciarli inoperosi; cosicchè, quantunque i vantaggi dell' unità di binario siano incontestabili quando è questione di un traffico enorme, i trasbordi tuttavia sono più frequenti che non apparisca, e tanto più, quanto più considerevoli sono le distanze che i vagoni debbono percorrere fuori della rete cui appartengono.

Ammettendo pure che qualche volta la necessità del trasbordo possa considerarsi come un inconveniente, bisogna esaminare se esso non sia, nel caso nostro particolare, largamente compensato da altri vantaggi inseparabili dalla riduzione del binario.

Ora la spesa di trasbordo, quantunque possa variare secondo le località ed anche la natura delle merci, si può ritener compresa fra 10 e 20 centesimi per tonnellata.

Le merci, come il carbone e i minerali, i quali possono cadere da un vagone nell' altro coll' aiuto di apparecchi molto semplici; e le merci, come le pietre tagliate, i sacchi, i barili, le casse e simili, che si possono sollevare coll'uso d'una gru meccanica, non costano più di 10 a 12 centesimi per tonnellata; e quando la manovra deve farsi a mano, la spesa di trasbordo può salire a 18 o 20 centesimi.

Si pretende, è vero, che le manovre per trasbordare le merci cagionano delle avarie: ciò non deve succedere per le merci in casse, o barili, o balle, se il personale è attento. Si può incontrare qualche perdita nel trasbordo di minerali o del carbone, e per coprirla suppongasi pure che il costo di trasbordo salga in media a 30 centesimi; ma non ci sarà difficile misurare l'importanza della spesa richiesta per tale operazione, in confronto dell'economia che la riduzione del binario permette di ottenere sul capitale d'impianto e sulle spese d' esercizio.

Il sig. Nördling, altra volta ingegnere-capo della rete centrale della Società d'Orléans, ed ora, rimpatriato, consigliere per le ferrovie al Ministero del commercio a Vienna, partigiano delle piccole ferrovie, intorno alle quali pubblicò uno scritto, che raccoglie le opinioni da lui espresse sopra questo argomento in diverse circostanze, e contiene la descrizione di parecchie ferrovie puramente industriali costrutte o progettate in Francia (*), propose una formoletta per rappresentare l'influenza delle spese di tras-

(*) *Stimmen über Schmalspurige Eisenbahnen von W. v. Nördling;* Wien, 1871.

bordo, la quale suppone tuttavia identiche le spese di esercizio, sia o no la ferrovia a binario ristretto.

Noi aggiungiamo il termine che rappresenta l' economia sulle spese d'esercizio, perchè essa è troppo importante per non tenerne conto.

Indicando con

L la lunghezza della ferrovia economica,

E l'economia per chilometro sulle spese di costruzione,

E' l'economia per chilometro sulle spese d'esercizio,

p la spesa di trasbordo per tonnellata di merce,

T il numero di tonnellate che si debbono trasbordare in un anno;

Affinchè vi sia vantaggio a sostituire una ferrovia a binario ridotto ad altra del sistema ordinario, si deve verificare

$$(0{,}05\,E + E')\,L \geqq pT$$

supponendo che si capitalizzi al 5 0|0 il denaro risparmiato nella costruzione.

Questa formola ci permette di determinare i limiti secondo i diversi casi.

Supponiamo anzitutto la linea lunga 30 chilometri, l'economia nella costruzione di 40,000 lire al chilometro (noi abbiamo trovato in media 44,000 lire: la differenza di 4000 lire per chilometro, ed in tutto di 120,000 lire, può coprir le spese d' ingrandimento della stazione comune); l'economia sulle spese d'esercizio, ridotte al minimo, di lire 2800 per chilometro (cioè appena 1|3 della somma necessaria per una ferrovia a scartamento normale); e supponiamo che la spesa di trasbordo salga a 30 centesimi per tonnellata, e che la quantità di merci da trasbordare sia annualmente di 52,500 tonnellate, ossia all' incirca i 3|4 del movimento totale, appena sufficiente per coprire

le spese d'esercizio d'una ferrovia normale; noi abbiamo, dopo fatte le sostituzioni e le riduzioni,

$$\text{L. } 144{,}000 > \text{L. } 15{,}750;$$

cioè, mentre si risparmiano 144,000 lire all'anno sulla somma capitalizzata e sulle spese d'esercizio, se ne spendono da 15 a 16,000 per il trasbordo, sicchè l'economia assoluta è di 128,000 lire annue, malgrado che abbiamo ridotto considerevolmente l'economia probabile sulle spese d'esercizio, ed aumentato del 50 0|0 la spesa probabile del trasbordo.

Se ci domandiamo qual movimento di merci può equilibrare l'economia sulla costruzione e sull'esercizio, da

$$144{,}000 = 0{,}3\ T$$

ricaviamo $T = 480{,}000$, cioè da nove a dieci volte il movimento primitivo. Ora, quanti anni passeranno prima che il movimento abbia preso un tale sviluppo, se si pensa che non 50,000 tonnellate, ma forse appena 20,000 rappresenteranno il movimento dei primi anni d'esercizio d'una piccola ferrovia?

Se vogliamo conoscere qual è la lunghezza minima, la quale giustifica la riduzione del binario, supponendo che il movimento delle merci possa sperarsi di 50,000 tonnellate all'anno, troviamo

$$4800 \times L = 16{,}000$$

ossia L eguale a tre chilometri circa.

Tutti questi valori dedotti sono limiti assai discosti fra loro, sicchè s'applicano ad una infinità di circostanze; ma essi dimostrano all'evidenza, che non basta discorrere in astratto de' vantaggi dell'unità di binario, se s'intende di costruire delle ferrovie, le quali siano commercialmente buone, cioè non solo non siano passive, ma possano almeno pagare un discreto interesse su capitale investito.

Digitized by Google

Abbiamo già espressa la nostra opinione sui sussidii, che Governo, Provincie e Comuni hanno accordato in molte circostanze, e paiono disposti ad accordare in molte altre.

Noi crediamo che i capitali, siano essi volontariamente impiegati per un dato scopo, o siano raccolti per mezzo dell'imposta per dar vita ad un' impresa, debbono sempre fruttare, altrimenti sono pressochè sprecati.

Ragioni politiche, seriamente pesate, possono scusare una deviazione da questo principio tanto semplice, al modo stesso che si debbono sopportare le spese degli eserciti, delle flotte, delle fortezze e degli arsenali; ma tuttavia il bisogno universale di moltiplicare i mezzi di comunicazione con minori sacrifizi che per il passato, dimostra chiaramente che dell' *utilità pubblica* s' è fatto un certo abuso, e che si cerca un rimedio. Uno degli argomenti addotti contro la moltiplicità dei binarii in uno stesso paese è quello che, in caso di guerra, non è possibile, senza perdite di tempo che potrebbero riuscir fatali, eseguire i trasbordi di ingente quantità di materiali, oltre alla necessità di far anche cambiar di veicolo ai soldati in certi punti.

Riconosciamo l'importanza dell'osservazione, soprattutto per quanto concerne i materiali; ma rispondiamo che non tutte le ferrovie sono strategiche, e quelle che hanno un tale carattere ben definito, debbono esser sussidiate dal Ministero della guerra; domandiamo pure che cosa si farebbe, se non esistesse ferrovia alcuna, in luogo di una ferrovia economica?

Respingendo noi il sistema de'sussidii, perchè rovinoso per il paese, la questione si riduce semplicemente a sapere, se sia meglio che molte regioni non abbiano del tutto ferrovie, anzichè ferrovie proporzionate ai loro bisogni non solo, ma anche ai loro mezzi, per modo che l'au-

Digitized by Google

mento di ricchezza, che le ferrovie arrecano ad una provincia, non sia in gran parte distolto sotto forma d'imposta per coprire le passività d' imprese, le quali hanno un'esistenza precaria e non potranno forse mai vivere di vita propria.

La condotta del Governo delle Indie inglesi, nella questione delle strade ferrate di quel vasto Impero, merita certamente d'esser citata ad esempio.

Le ferrovie concesse a Società private, alle quali è guarentito un reddito del 5 per 0|0, imposero al bilancio indiano per lo scorso esercizio una somma di più di 37,000,000 di lire italiane per coprire la deficenza degli introiti; nè per molti anni si può sperare che le condizioni si migliorino sensibilmente, e tuttavia le linee già fatte non rappresentano che una piccola parte della rete progettata.

Costretto il Governo delle Indie ad assumere la costruzione e l'esercizio delle nuove strade ferrate, due partiti gli erano aperti: o, per amore dell'unità di binario (da cui si attendono tanti vantaggi da alcuni), aggravare sempre più il bilancio, diminuendo così i mezzi stessi di compiere la rete; o riconoscere, malgrado l'avviso contrario di ingegneri eminenti senza dubbio, ma non scevri di pregiudizi contro ogni innovazione (e soprattutto per nulla responsabili de' risultati), che il sistema seguito finora delle ferrovie a binario di 1.68 era stato un costoso errore per le Indie, e che, senza perder tempo, bisognava introdurre un sistema più economico, riducendo ad *un metro* la larghezza *normale* del binario.

Malgrado gli esagerati svantaggi del trasbordo delle merci; malgrado la questione militare, importantissima specialmente per le prime linee da costruirsi col nuovo scartamento; malgrado la necessità di dover trasformare una ferrovia già esistente e di collocare una terza ruo-

taia sopra un'altra, creando il binario misto sopra una considerevole lunghezza (1), il Governo s'attenne al secondo partito, ed il binario di un metro rappresenterà il tipo normale, cui poco per volta, probabilmente, si conformeranno persino le linee esistenti.

Il Governo delle Indie, edotto dai pessimi risultati del passato, non volle preoccuparsi del lontanissimo avvenire, quando le ferrovie di un metro saranno insufficienti ai bisogni del movimento (se pure si verificherà un tal fatto); ma, pensando che i mezzi stessi di uno Stato sono limitati, e non è quindi saggezza lo sciuparli in imprese passive, adottò il solo partito che gli permetteva di raggiungere il fine, cioè una vasta rete di ferrovie, coi mezzi disponibili, cioè co' prodotti delle imposte, che non crescono indefinitamente; e non sapremmo, dopo l' esempio della Norvegia, citarne un migliore.

Avendo accennato più volte alla facilità, che presentano le piccole ferrovie, di stabilire senza grave spesa un considerevole numero di convogli, che noi riteniamo esser il mezzo più sicuro di raggiungere il prodotto massimo che può sperarsi da una ferrovia; ed avendo già fatto osservare che in molti casi invece, nello scopo di diminuir le spese, si è costretti a ridurre al minimo il numero dei convogli sulle diramazioni a sistema ordinario, possiamo ora afforzare la nostra opinione con esempi.

Sulle tre ferrovie economiche della Norvegia, che abbiamo citate, la spesa per locomotiva-chilometro fu di

(1) Le due prime linee progettate da Mooltan a Kotree, Valle dell'Indo, e da Lahore a Peshawur sulla frontiera occidentale, della lunghezza di 1200 chilometri, hanno uno scopo puramente militare; e per questa ragione specialmente sarà ridotta al nuovo binario la linea Kurrachee-Kotree (168 chilometri), e si collocherà la terza ruotaia da Mooltan a Lahore (342 chilometri), creando a Lahore una stazione mista.

L. 1.58 circa in media, malgrado il numero ristrettissimo di treni e le difficoltà del profilo delle linee; mentre sulla strada a scartamento ordinario, messa a confronto, la stessa spesa salì a L. 2.21, malgrado che la linea sia quasi piana ed il numero de' convogli quasi della metà maggiore che sulle altre: circostanza che fa diminuire proporzionatamente le spese fisse, le quali sono sempre importanti.

Senza neppur tener conto di questi due considerevoli vantaggi, si scorge che, ad eguale spesa d'esercizio per chilometro, *dieci* convogli sulla piccola ferrovia costerebbero come *sette* sulla ferrovia ordinaria.

Ma l'influenza di un maggior numero di treni e d'una migliore utilizzazione delle macchine e dei veicoli è manifestata dal quadro comparativo delle ferrovie norvegesi. Sulla ferrovia Drammen-Randsfiord, la quale per lunghezza e per movimento s'avvicina di più alla ferrovia Lilleströmmen-Kongsvinger a scartamento ordinario, la spesa per locomotiva-chilometro discese a L. 1.26, malgrado una pendenza di 17 ed una contropendenza di 13 millesimi; cosicchè si potrebbero mantenere dieci convogli colla spesa richiesta per cinque o sei convogli sulla grande linea.

Dell'influenza del numero dei treni sulla spesa per unità di distanza ne abbiamo un' altra prova nei risultati del primo anno d'esercizio della ferrovia Torino-Rivoli.

Cominciato l'esercizio con sei treni d' andata ed altrettanti di ritorno nei giorni feriali, ed un terzo di più nei giorni festivi, s'accrebbe il numero fino a diciotto treni fra andata e ritorno nei giorni feriali e ventotto nei festivi, ed in occasione d' una festa straordinaria se ne aggiunsero due di più; laonde il numero de'convogli sopra questa linea, lunga appena chil. 11.8, fu nell'anno intero di 5906, ossia 69,691 convogli-chilometro.

L'affluenza de' viaggiatori obbligò spesso a rimorchiare i convogli con due macchine; epperciò il percorso totale delle medesime (tre) fu di chilometri 71,581, cioè 23,860 chilometri per macchina.

Sulle spese d' esercizio non possediamo che i seguenti dati sommarii:

Personale	L.	52,900
Carbone	»	15,200
Olio	»	1,630
Provviste e spese diverse . .	»	700
Totale	L.	70,430

ossia per chilometro L. 5,967, e per convoglio-chilometro L. 1.01 appena, malgrado parecchi treni a doppia trazione.

Le spese di riparazione però furono quasi nulle nel primo anno, il materiale essendo tutto nuovo; per lo contrario furono, come avviene sempre, più forti che non lo saranno per l'avvenire, quelle di manutenzione del corpo stradale, non ancora consolidato.

Aggiungendo tuttavia L. 0.50 ad ogni convoglio-chilometro per le riparazioni in genere (è la somma spesa sulla ferferrovia Drammen-Randsfiord con un numero di convogli ben minore), la spesa totale d' ogni convoglio-chilometro per l'avvenire non supererà L. 1.50.

Si diminuisca invece largamente il numero de' convogli, e le spese fisse (quasi esclusivamente del personale) farebbero subito aumentare la spesa per chilometro-convoglio, la quale, secondo quanto abbiamo osservato a parità di movimento, dovrebbe esser in Italia del 40 per 0|0 maggiore che in Norvegia, ossia all'incirca L. 1.70.

Le tariffe sopra questa linea sono inferiori del 20 per 0|0 almeno di quelle ammesse sopra le altre ferrovie d'Italia,

e tuttavia dai quadri pubblicati per cura del Ministero dei lavori pubblici vediamo che i prodotti del mese di luglio dell'anno corrente (1872) salirono a L. 8699, ossia in ragione di L. 8612 per chilometro; e crediamo che il risultato medio di tutto l'anno sia vicino alle L. 9300 per chilometro, risultato eccellente se si considera la concorrenza delle vetture ordinarie, la moderazione delle tariffe, l'assoluta mancanza di merci, e persino la posizione piuttosto lontana della Stazione principale dal centro del movimento, difetto molto sensibile sopra un percorso di pochi chilometri.

Quali risultati sarebbonsi ottenuti con una ferrovia a scartamento ordinario, ed una spesa di L. 2.50 almeno per chilometro-convoglio?

Colle attuali tariffe, 10 viaggiatori di 1.a classe e 20 di 2.ª classe, a percorso intero, bastano a coprire le spese di un convoglio: colle stesse tariffe, una ferrovia ordinaria richiederebbe quasi un numero doppio di viaggiatori per lo stesso oggetto; sarebbe quindi necessario di ridurre alla metà il numero de'convogli e di *supporre* che, malgrado ciò, il numero de' viaggiatori non diminuisca: supposizione smentita dai risultati della piccola ferrovia, che dovette accrescere il numero de' convogli onde ottenere il massimo introito. Ogni convoglio con una sola macchina potrebbe trasportare 200 viaggiatori almeno, malgrado la pendenza di 18 millesimi: numero solo raggiunto, ed alquanto oltrepassato, in poche circostanze, mentre il numero medio di viaggiatori per convoglio fu da 40 a 50 al più; ciò che chiaramente significa non esser stato necessario aumentare il numero delle corse per mancanza di capacità delle vetture, o di potenza delle macchine, ma bensì per moltiplicare le occasioni di viaggiare,

risultato impossibile sopra una ferrovia ordinaria, senza spendere forse più di quanto si sarebbe incassato.

Torna qui acconcio il domandarci a qual movimento massimo di viaggiatori e di merci potrebbero bastare le piccole ferrovie, di cui quella da Torino a Rivoli potrebbe considerarsi in Italia come tipo.

Questa domanda ci riconduce al nostro punto di partenza, quando determinammo la capacità di trasporto di una ferrovia a binario normale.

Noi avevamo supposto sedici treni al giorno: sulla ferrovia Torino-Rivoli se ne organizzarono trenta, senza inconveniente alcuno. Evidentemente il numero delle corse non è collegato colla distanza fra le ruotaie; vediamo però che sopra una ferrovia ad un solo binario il numero dei treni può di gran lunga superare quello offerto al pubblico sopra moltissime diramazioni che fanno parte delle grandi reti.

Quello che importa piuttosto conoscere è il peso massimo de' treni sulle piccole linee.

Dei convogli-viaggiatori è appena necessario parlare; già abbiamo osservato che, malgrado la pendenza di 18 millesimi, le vetture (12, oppure 13 secondo i casi) rimorchiate da una sola locomotiva bastano per 200 viaggiatori all'incirca: numero generalmente superiore al bisogno, poichè noi avevamo supposto 100 viaggiatori in media per convoglio.

Se si potesse organizzare un servizio di merci, ove la linea fosse abbastanza lunga, le macchine attuali non potrebbero rimorchiare più di 50 a 60 tonnellate sulla pendenza: probabilmente il peso maggiore sarebbe in discesa, ed occorrerebbe di rimontare soprattutto dei vagoni vuoti; ma sarebbe facilissimo costruire delle macchine a tre sale accoppiate, del peso di 18 tonnellate, le quali rimorchie

rebbero almeno 80 tonnellate sopra la pendenza di 18 millesimi, oppure 120 a 130 tonnellate sopra una pendenza di 10 millesimi, che è quella da noi supposta nel nostro calcolo fittizio.

Neppur le macchine a quattro sale accoppiate, in favore sopra molte ferrovie francesi e nel Belgio, sarebbero escluse sulle piccole ferrovie, senza caricare di troppo le ruotaie, e quando l'aumento di traffico lo giustificasse; si potrebbero adottare con maggior facilità ruotaie più pesanti sopra una piccola ferrovia, di quel che si possa sulle grandi, perchè sempre più lontani da quel limite di carico che schiaccia il ferro nel punto di contatto, come abbiamo spiegato.

Che se vuolsi spingere il carico sulle sale al limite massimo, si potrebbero costrurre delle locomotive egualmente potenti per il binario ristretto come per il normale, vincendo le difficoltà di costruzione, che sarebbero minori di quelle incontrate per costrurre le prime locomotive del Festiniog Railway.

Abbiamo anche fatto osservare che, salvo il caso di certe merci che si trasportano in grandi masse, come il carbone od i minerali, per i quali si può utilizzare, almeno nella direzione del traffico, tutta la capacità dei vagoni (qualunque sia il binario), i piccoli vagoni, in generale, si possono utilizzare meglio dei grossi.

Il peso brutto de' convogli potrebbe quindi esser eguale sulle piccole, come sulle grandi ferrovie, quantunque per le prime, giunti al limite di carico, si potrebbe trovare svantaggioso il numero alquanto maggiore di veicoli.

Tuttavia, sempre desiderosi d' evitare ogni apparenza d'esagerazione, non imiteremo certi difensori delle piccole ferrovie, i quali, per ragioni un po' troppo personali, so-

Digitized by Google

stengono che la loro capacità di trasporto è eguale, se non superiore, a quella delle ferrovie ordinarie.

Ammettiamo pure che il peso massimo de'convogli a merci debba ridursi di un terzo, e rinunciamo anche al benefizio incontestabile di un maggior peso netto a favore del materiale delle ferrovie economiche; e finalmente limitiamo anche a sedici il numero totale di convogli ogni giorno, come abbiamo fatto nel nostro calcolo fittizio. Accettate queste restrizioni, siccome i prodotti dei viaggiatori e delle merci a grande velocità non subirebbero diminuzione alcuna, riducendo di 1|3 il prodotto delle merci, così la ferrovia a binario ridotto, colle tariffe stabilite, potrebbe guadagnare 40,500 lire per chilometro; ed aumentando da quattro a sei il numero de'treni per le merci, i guadagni sarebbero eguali per le due linee.

Questo ragionamento è puramente fittizio, perchè la differenza di binario non ha influenza alcuna sul movimento totale della regione attraversata dalla ferrovia; ma serve a dimostrare quali sarebbero le condizioni di due ferrovie di sistema diverso, nel caso del movimento massimo.

Noi non parleremo del secondo binario: ci domanderemo piuttosto in quanti anni una ferrovia quasi isolata, che cioè non fa parte d'una delle arterie del traffico generale di una nazione, passa dal movimento minimo al movimento massimo.

In Italia, la miglior linea, come ci è occorso d'accennare altra volta, è quella da Torino a Genova, a doppio binario, il cui prodotto s'avvicina a 60,000 lire per chilometro. I prodotti d' ogni altra linea sono di almeno 20,000 lire al disotto, e le migliori convergono a Milano o a Venezia.

Dalle diramazioni, che contano da 15 a 18 anni di esistenza, e che convergono a Torino, come le linee Chivasso-Ivrea, Santhià-Biella, Torino-Pinerolo, Torino-Cuneo-Saluzzo, s'ottiene da 6,400 a 15,000 lire di prodotto brutto.

Risultati meno soddisfacenti ci sarebbero forniti dalle linee aperte posteriormente in altre parti d'Italia.

Il seguente quadro ci offre qualche esempio della variazione de' prodotti chilometrici sopra quelle ferrovie d'altri paesi che abbiamo spesso citate; noi potremmo estendere il quadro quasi indefinitamente, poichè in ogni paese s'ottennero risultati analoghi.

	1863	1864	1865	1866	1867	1868	1869	1870	1871	Aum. medio annuo
Festiniog L.	—	15575	17559	18680	23121	27319	29595	28380	—	2438
Leven and East of Fife »	—	10500	10984	12360	11891	12394	13065	13273	—	522
Lillestrôm-Kongsvinger »	4122	5433	4364	4333	4430	5445	5410	5375	—	212
Hamar-Elverum . . . »	2569	2672	2239	2248	2259	2784	3219	2821	—	9
Drammen-Randsfiord »	—	—	—	—	—	—	3410	3353	—	57
Trondhiem-Stôren . . »	—	—	2986	3139	3003	3138	3378	3412	3336	71

All' infuori della ferrovia Festiniog, sulla quale l'aumento medio è assai considerevole, quello che si verificò sulle altre linee, dopo sette od otto anni d'esercizio, è piccolissimo, e corrisponderebbe ad un incremento progressivo dell'1 al 5 per 0[0 al più.

Come abbiamo altra volta detto, la ferrovia Festiniog fu esercita per molti anni a cavalli; perciò, quando furono introdotte le locomotive ed organizzato il servizio dei

viaggiatori e delle merci ordinarie, il movimento principale, che fu sempre quello delle ardesie, era già sviluppato, e gli altri due servizi apportarono un incremento di prodotti che, eguale ad un quinto nel primo anno, crebbe in sei esercizi d'oltre la metà di quello delle ardesie, le quali erano prima la sola fonte di guadagno, come si può rilevare dal quadro che accompagna la descrizione sommaria di questa linea (pag. 59).

Si potrebbero citare delle linee, che dal giorno dell'apertura furono sempre passive. Ma, lasciando in disparte questi casi eccezionali, si ritiene che nei primi anni di esercizio i prodotti d'una ferrovia possano progredire del 10 0|0 in condizioni favorevoli.

Ma un progresso così rapido corrisponde al cambiamento d'abitudini, che segue in generale l'apertura d'una ferrovia in una località sprovvista prima di questo mezzo di comunicazione; la ricchezza di un paese non aumenta in tale proporzione neppure in seguito di cause straordinarie, come la scoperta d' una estesa miniera: in paesi puramente agricoli si può ritenere che l' incremento di prodotti, anche nei primi anni d'esercizio, è sempre inferiore al 10 0|0; e ciò è confermato, pur troppo, dalle statistiche di tante ferrovie che riuscirono a male.

Ammettendo un aumento proporzionale del 5 0|0, l'introito d'una ferrovia sarebbe duplicato in 14 anni circa, e quadruplicato in 28 anni ecc.; cioè, se l'introito chilometrico fu, alla fine del primo anno, di lire 6000, salirebbe a 24,000 lire dopo 28 anni, e solo dopo 38 anni raggiungerebbe la somma di 40,500 lire per chilometro, che abbiamo supposto non potersi oltrepassare sopra una ferrovia a binario ristretto. E ciò nell'ipotesi, poco verosimile, che ogni esercizio sia regolarmente più produttivo del precedente, mentre in realtà i prodotti delle fer-

rovie sono soggetti alle stesse oscillazioni, che si verificano in quelli di tutte le industrie, le quali in fine, si può dire, si danno la mano; ed inoltre, a misura che si fa più fitta la rete ferroviaria di un paese (ed in 38 anni si possono costruire molte linee), il traffico delle nuove diramazioni è in parte non creato, ma distolto da quelle già esistenti, ma meno dirette. Questo risultato, di cui si hanno tanti esempi, aggiunto al fatto che le ferrovie più importanti sono già costrutte, ci spiega perchè attualmente, a misura che si aprono nuove comunicazioni, il prodotto medio chilometrico diminuisce, od almeno è stazionario, malgrado l'aumento della ricchezza pubblica.

Il sig. Jacqmin, nella sua opera già citata, esaminando le cifre del movimento sulla rete francese dal 1846 al 1865, per un periodo cioè di 20 anni, trova che il numero di viaggiatori fu all'incirca costantemente di 6300, per chilometro di linea in esercizio, ed il percorso medio eguale a 40 chilometri, a vent'anni d'intervallo: il numero di tonnellate di merci per chilometro s' accrebbe molto lentamente (e spesso diminuì), e pare ad esso stazionario ed eguale a 2500 circa, la distanza media percorsa essendo di 140 chilometri; e tuttavia nello stesso periodo la rete francese aumentò da 1137 a 13,256 chilometri.

La rete del Regno Unito nel 1863 contava 19,700 chilometri, ed il numero de' viaggiatori per chilometro fu, di 10,300 circa; nel 1870 la rete aveva raggiunto 24,859 chilometri di sviluppo, ed il numero de' viaggiatori salì a 13,300 circa.

È però da notarsi che ne' sette ultimi anni si crearono le principali ferrovie sotterranee e suburbane di Londra, le quali trasportano quasi un terzo del numero totale dei viaggiatori.

Non possediamo dati sufficienti intorno al movimento delle merci.

La rete prussiana contava nel 1844 appena 1080 chilometri, e servì al trasporto di 3600 viaggiatori e di 363 tonnellate di merci per chilometro: nel 1869 la lunghezza totale delle ferrovie era di 10,275 chilometri, e per unità di lunghezza si trasportarono 6000 viaggiatori e 4900 tonnellate di merci.

La distanza media percorsa da ogni viaggiatore fu sempre all'incirca di 40 chilometri, come in Francia; e quella percorsa da ogni tonnellata di merci variò fra 58 e 89 chilometri, ed in media fu eguale a 68 chilometri.

La rete prussiana è però inferiore in estensione, ed anche in proporzione del territorio e del numero degli abitanti, alla stessa rete francese, perchè le ferrovie secondarie non sono molto sviluppate: l' introito chilometrico da lire 15,400 potè salire a L. 39,400 (nel 1867) per discendere l'anno seguente a L. 37,000 circa.

Vediamo così confermato quanto dicemmo più sopra: fu necessario uno spazio di 23 anni, affinchè ferrovie di *primo ordine* aumentassero il loro introito poco più di due volte e mezzo; ma, prima ancora di raggiungere in media il massimo da noi stabilito per ferrovie ad un solo binario, il prodotto medio diminuisce, crescendo la lunghezza della rete e l'introito generale, perchè si fa più sensibile l'influenza delle ferrovie di second'ordine.

Le condizioni politiche hanno forse, tanto in Francia, quanto in Germania (soprattutto in quest' ultimo paese), agito sopra lo sviluppo de'prodotti, come pure la diversa organizzazione delle ferrovie; la ricchezza de' due paesi aumentò nondimeno considerevolmente, ed ambedue sono superiori all'Italia da questo lato, come lo dimostra pure il reddito chilometrico delle nostre ferrovie, che sale

Digitized by Google

a L. 17,000 appena, cioè la metà di quello delle linee francesi e prussiane.

Ci siamo dilungati alquanto nell'esaminare il progresso de'prodotti ferroviarii per rispondere all'obbiezione, forse l'ultima, che gli oppositori possono mettere in campo contro le ferrovie a binario ristretto, che cioè in pochi anni la loro capacità di trasporto diventerebbe insufficiente al bisogno.

Non ci siamo contentati di indicare a qual movimento possono facilmente bastare: abbiamo anche voluto distruggere l'illusione di coloro che sperano nei facili incrementi di guadagno.

Si può ripetere invece con sicurezza che i prodotti di una diramazione o linea secondaria, dopo i primi anni di esercizio, rimarranno quasi stazionarii, a meno di fonti straordinarie di introiti, come la scoperta d'una miniera, e non raggiungeranno prima di cinquant'anni almeno quel limite massimo, che può giustificare la costruzione di un secondo binario, oppure (supponendo che la linea abbia uno o più punti comuni con altra a scartamento normale) la trasformazione del piccolo binario alla larghezza ordinaria..

Ora chi vorrebbe seriamente preoccuparsi dei bisogni, non del domani, ma di cinquanta o sessant'anni avvenire, bisogni inoltre, che noi misuriamo unicamente dall'abitudine, che abbiamo contratto, di considerare le ferrovie a sezione di m. 1.50 come il tipo da cui non conviene dipartirsi?

Alla distanza di oltre un mezzo secolo non avvi maggiore ragione per dire che tutte le ferrovie saranno uniformi ed a scartamento di m. 1.50, anzichè a scartamento di m. 0.90 od altro forse più stretto.

Digitized by Google

Lasciare ai posteri la cura di sciogliere le difficoltà che loro s'affacceranno, e limitarci a rivolgere le nostre forze al presente, ci pare il partito più modesto non solo, ma anche il più saggio in fatto di ferrovie, come in ogni altra industria.

Noi abbiamo, nelle pagine precedenti, considerato sempre le ferrovie come oggetto d' industria, la quale dovrebbe attrarre a sè stessa i capitali, di cui ha bisogno, per mezzo della rimunerazione che può promettere; precisamente come avviene d'ogni altra industria, ed in grande scala, soprattutto dei trasporti per mare, soggetti a tutte le vicende del commercio ed alle influenze della buona o cattiva organizzazione.

In Inghilterra, le ferrovie conservano questo carattere ben definito; e malgrado che, per ragioni troppo complesse per essere svolte parlando di ferrovie economiche, l'interesse medio del capitale impiegato in queste imprese non sia superiore al 4 0|0, cioè molto inferiore a quello del capitale investito nelle transazioni puramente commerciali, o nelle industrie più propriamente dette che si occupano della trasformazione della materia, i promotori di nuove linee non hanno, in generale, difficoltà alcuna a trovare i fondi necessarii. Eppure quante rovine!

Lo stesso puossi dire del Belgio, quantunque le migliori linee siano nelle mani dello Stato; siccome però il loro attivo rappresenta dal 4 al 5 0|0 del capitale investito (che lo Stato belga potè procurarsi ad un tasso non superiore, e spesso anzi inferiore), così non si può ragionevolmente dire che alcuna ferrovia belga sia sussidiata.

In Francia invece il sistema dei sussidii e delle garanzie è stato applicato sopra una scala gigantesca; e quantunque lo Stato tolga colla sinistra tanto quanto of-

fre colla destra, per mezzo delle imposte e de' favori che si riserva, come servizio postale gratuito, trasporto dei militari e del materiale da guerra, ed altri indicati sommariamente come trasporti per conto dello Stato a prezzi ridottissimi, tuttavia moltissime linee già fatte od in progetto, o si sarebbero studiate e fatte con più economia, o non si parlerebbe di farle.

Il sig. Jacqmin, anzi, nella sua opera già citata esamina minutamente la somma percepita dal Governo francese sotto forma d'imposta, e quella economizzata sui trasporti gratuiti od a prezzi ridotti sulla ferrovia dell'Est nel 1866, e trova che supera di tre milioni circa la garanzia pagata per le ferrovie di second'ordine costrutte dalla Società.

Questo fatto prova evidentemente che il sistema delle garanzie, combinato coi favori che lo Stato riserva a sè stesso, ha per risultato principale di far pagare dalle linee produttive la deficenza che si verifica sulle altre; e spesso l'imposta (come avviene pur troppo in Italia) deve concorrere largamente a mantenere delle ferrovie sproporzionate al bisogno. Indirettamente poi questo sistema s'oppone a tutte le economie, a quelle compatibili coll'uniformità di binario, e più ancora alle altre più importanti, che si potrebbero ottenere proporzionando le ferrovie ai bisogni locali; poichè i promotori, naturalmente disposti a bene sperare dei loro progetti, non sono poi spronati dalla necessità di condurli a buon fine ad ogni costo, come avviene di chi arrischia la sua modesta fortuna in una nuova industria, e sa di dover o guadagnare o fallire.

Ammesso il principio dei sussidii e delle garanzie, aggiuntevi le illusioni inseparabili da grandiosi progetti, che costano più e rendono meno di quanto si prevede,

non si pesano le conseguenze di un sistema irrazionale, al quale non manca certamente il carattere di pubblica utilità, quantunque vagamente definita.

Molte imprese sono dichiarate d'utilità pubblica, e perciò sussidiate, allo stesso modo che si difende il sussidio accordato ai teatri, le cui spese non possono essere coperte dal volontario concorso degli spettatori.

La somma che il Governo od il Municipio sborsano è conosciuta; ma qual utile materiale ne ricavi la cassa dello Stato o quella municipale, a nessuno viene in mente di indagare, quantunque s' asserisca che quest' utile è tale, che il sussidio non può esser negato.

Che titolo riceverebbe intanto un industriale, il quale spendesse, per esempio, centomila lire nell' acquisto d' una nuova macchina, che forse non ha mai veduto, perchè gli fu detto vagamente che la sua fabbrica ne ricaverà benefizio?

È il merito principale de' commercianti e degli industriali perspicaci di proporzionare i mezzi al risultato probabile, economizzando quelli, non sperperandoli in spese sterili; e la rovina di grandiosi stabilimenti, di cui i paesi più ricchi offrono tanti esempi, è generalmente cagionata dall'aver seguito il principio opposto, sciupando somme ingenti per mettersi in misura di soddisfare ai bisogni di un avvenire lontano, o, peggio ancora, in spese di puro lusso.

La storia invece degli stabilimenti più antichi dimostra ch'essi cominciarono da proporzioni modestissime, aumentando d'importanza a misura dello sviluppo graduale della ricchezza pubblica, cedendo ad una necessità, che spesso non fu neppure prevista.

I mezzi tuttavia per aggrandire non solo, ma rifare completamente gli stabilimenti a misura dei crescenti bisogni, si

Digitized by Google

ottengono sempre con straordinaria facilità per le ragioni seguenti:

1° I capitali disponibili sono sempre più abbondanti per legge naturale del progresso.

2° Quegli stabilimenti, che con proporzioni modeste e ben dirette hanno sempre rimunerato il capitale, si preparano, per mezzo dell' ammortizzazione, la via alle estensioni e trasformazioni comandate dai crescenti bisogni, ed attirano nuovi capitali, perchè i risultati del passato sono guarentigia dell'avvenire.

3° Perchè, non avendo fin da principio immobilizzato de' capitali in spese improduttive, questi, meglio impiegati, hanno contribuito ad aumentare appunto quella massa di capitali disponibili, che a tempo opportuno si distribuisce fra le diverse industrie.

Quest'ultima ragione è, a nostro avviso, la più importante, soprattutto parlando di opere pubbliche del genere delle ferrovie.

Un capitale male speso è un capitale distrutto ; se gli abitanti d' una piccola città, i quali posseggono un milione di capitale, fossero indotti a spenderlo in un' impresa inutile, per esempio, per costruire un grandioso ponte in luogo di un ponticello sufficiente ai bisogni, e che avrebbe costato la decima parte, il risultato è lo stesso come se gli abitanti non avessero mai posseduto più di centomila lire; mentre le novecentomila lire sprecate, impiegate invece in altre opere produttive, avrebbero contribuito ad aumentare la ricchezza pubblica, ed anzi ad anticipare il giorno in cui il grandioso ponte sarebbe stato necessario. Ed in quel giorno il milione sarebbe raccolto con tutta facilità; poichè non dobbiamo dimenticarci che è *necessario*, non già quello di cui non si

può far a meno, ma piuttosto ciò che si ha il mezzo di ottenere facilmente.

Quest'esempio esagerato dimostra chiaramente l' esattezza del principio esposto.

Ritornando al nostro soggetto, se per costruire una ferrovia si spendono centocinquantamila lire al chilometro, quando centomila possono bastare adottando un sistema più economico, il paese avrà perduto cinquantamila lire di capitale per ogni chilometro di ferrovia, sia esso volontariamente offerto da azionisti, o raccolto sotto forma d'imposta; e lo sviluppo della ricchezza pubblica sarà ritardato in proporzione della diminuzione del capitale disponibile.

Un tale spreco di denaro, spinto all'eccesso, potrebbe rovinare una Nazione, come avviene di molti privati; ma quantunque, fortunatamente, non s' arrivi così presto ad esaurire la ricchezza di un paese, le conseguenze sono abbastanza funeste, per meritar l'attenzione di coloro che per loro ufficio esercitano grande influenza sugli affari pubblici, e per eccitarli a resistere a certe ragioni speciose, che sono messe innanzi troppo spesso: tra le altre, quella che una ferrovia contribuisce allo sviluppo della ricchezza pubblica.

È vero che le ferrovie, come tutti i mezzi sempre più perfezionati di comunicazione, producono questo benefico effetto; ma in qual misura, non si può affermare con esattezza *a priori*. Che l'aumento prodotto immediatamente e per molti anni sia assai minore di quanto s'aspettava, lo provano abbastanza i pessimi risultati di moltissime tra le ferrovie; poichè, tolte le ragioni puramente politiche o strategiche, un' impresa ferroviaria dovrebbe compensare il capitale, obbedendo a quelle leggi che regolano tutti i fenomeni economici: le tariffe dovrebbero poter esser re-

golate dal rapporto fra il bisogno di mezzi di trasporto, e la possibilità di soddisfarvi, come succede, ad esempio, per i trasporti marittimi, i cui prezzi sono fissati dalla concorrenza.

Se invece, lungi dal poter imporre tariffe più elevate quanto più grandi sono i bisogni, quelle tariffe, che sono abbastanza moderate per attirare il movimento massimo sopra una linea, non bastano, non solo a dare un beneficio, ma neppure a coprir le spese, è segno manifesto che la capacità di trasporto è di troppo superiore ai bisogni, e che s'è commesso lo stesso errore di quel capitano che facesse il cabotaggio con una nave di mille tonnellate di portata, anzichè contentarsi d'una barcaccia della portata di ottanta a cento tonnellate. Noi non sappiamo che alcun Governo o Municipio abbia mai sussidiato alcuna Compagnia di navigazione, che si proponesse di fare il cabotaggio con navi destinate a lungo corso; nè l'utilità pubblica, nè il vantaggio d'evitare talvolta il trasbordo furono mai messi in campo per sostenere tali imprese. E non vediamo che debba procedersi diversamente in fatto di ferrovie, le quali, invece d'esser tutte sullo stesso modello, dovrebbero presentare proporzioni diverse a seconda delle circostanze.

Non vogliamo con ciò dire che si debba sanzionare una serie di tipi leggermente diversi uno dall'altro, ma piuttosto respingere l' unità assoluta; e per fissare le idee, crediamo che, nel nostro paese, la ferrovia a doppio binario debba continuar ad esser l'eccezione; quella ad un binario, a scartamento normale, non debba oramai ricevere maggior estensione; e finalmente la ferrovia a binario ridotto debba esser largamente adottata dovunque si può sperare, se non immediatamente, almeno dopo due o tre anni al più, una rimunerazione del capitale

speso: negli altri casi contentarsi per qualche tempo delle strade ordinarie.

Se non vi fosse altra ragione per condannare il sistema de' sussidii e delle garanzie assicurate a ferrovie a sistema ordinario, le quali si sa benissimo che saranno passive per molti anni, vi sarebbe questa potentissima, già accennata parlando della risoluzione del Governo delle Indie inglesi, che, così facendo, si diminuiscono i mezzi di estendere la rete; il male è quindi doppio: si sciupano capitali che non possono dar frutto, e s'impedisce per lungo tempo quel maggiore sviluppo della ricchezza pubblica, che non può aver luogo prima che la locomotiva penetri in nuove regioni.

Se Parlamento e Municipii guarentiscono l' interesse d'una ferrovia a centocinquantamila lire per chilometro, anzichè d'un'altra a centomila lire al chilometro (la quale forse prospererebbe da sè stessa), si sarà immobilizzato senza frutto il capitale sufficiente per una ferrovia una volta e mezza più estesa; la quale inoltre, come abbiamo già dimostrato, non solo renderebbe lo stesso servizio, ma anzi uno maggiore, ed in ragione del minor capitale e delle spese d'esercizio più moderate permetterebbe delle riduzioni di tariffe, impossibili sulle grandi linee, a meno di far pagare dai contribuenti la differenza.

Noi abbiamo accennato alla possibilità, alquanto problematica, che una ferrovia a binario ridotto possa, dopo molti anni d'esistenza (almeno cinquanta), riuscire insufficiente al bisogno. In verità, è molto probabile che una ferrovia quasi parallela le sia venuta in soccorso molto prima; supponiamo, infatti, che dopo dieci anni, la ferrovia dia un dividendo del 10 0|0 (l' incremento progressivo essendo del 15 0|0 sopra un prodotto iniziale di L. 6000, il capitale d'impianto di L. 120,000 per chilo-

Digitized by Google

metro, ed il rapporto finale delle spese d'esercizio al prodotto brutto essendo eguale al 50 0|0): non basterebbe un tale risultato per far sorgere non una, ma più Società rivali, che costruendo una linea la quale toccherebbe i medesimi centri più importanti, le ruberebbero una buona parte del movimento, impedendole così di raggiungere il massimo?

È precisamente quello che, in modo più spiccato che altrove, si scorge fin d'ora in Inghilterra, nel paese ove la ricchezza ebbe uno sviluppo più rapido, nel paese che fornisce denaro a tante imprese in ogni parte del globo.

In Inghilterra, come abbiamo più volte detto, i centri più importanti sono collegati da due o tre ferrovie: si può andare da Londra a Manchester e Liverpool per tre vie distinte; da Londra a Sheffield, a Birmingham, a Glasgow, ad Edinburgh per due vie, ecc. Nè potrebbe esser altrimenti, essendo una legge economica che l' interesse de' capitali tende a diminuire a cagione della loro abbondanza sempre maggiore, e perciò un tenue frutto è di più in più sufficiente per attirarli verso nuove imprese.

Appena fu noto che le prime ferrovie pagavano un dividendo di 10 a 12 0|0, si manifestò una vera febbre per queste imprese: non solo si costruirono nuove linee importanti, ma molte diramazioni parassite e linee doppie, nel solo scopo di rovinare le Compagnie avversarie; i disastri, che ne seguirono, rallentarono soltanto, ma non furono mai d' ostacolo a nuove speculazioni, e, come abbiamo già detto, l'interesse in media non supera attualmente il 4 0|0.

Ci scusi il lettore se, per meglio chiarire quanto sia poco saggio consiglio respingere le piccole ferrovie col futile pretesto ch'esse possano in breve tempo riuscire insufficienti, abbandonando quei principii semplici e razio-

Digitized by Google

nali che regger dovrebbero ogni ben diretta speculazione, ci fermiamo per esaminare rapidamente le condizioni finanziarie probabili d'una ferrovia, escludendo la possibilità della concorrenza, e supponendo che nel brevissimo spazio di venticinque anni il prodotto chilometrico salga progressivamente da 6,000 a 40,000 lire, e si ritenga allora come indispensabile o di abbandonare affatto una piccola linea, od almeno di trasformarla secondo il sistema ordinario, e si volesse argomentare da una tale supposizione per combatter l'idea di stabilire fin da principio un binario distinto.

Sarà invece provato che la politica più saggia sarebbe sempre quella di trattare le ferrovie come tutte le industrie, le quali debbono vivere e prosperare da sè stesse, e procacciarsi i mezzi di subire le trasformazioni che il progresso può richiedere.

Le trasformazioni, infatti, che debbono subire non solo le macchine e gli utensili in generale, ma le costruzioni le più grandiose, sono continue, qualunque sia l'industria, che si voglia citare. Le Compagnie di navigazione, ad esempio, bene spesso trasformano il loro materiale, cioè vendono le navi vecchie, molto prima che divengano inservibili, per sostituirle con navi sempre più grosse; ma si darebbe loro uno strano consiglio, dicendo di fornirsi oggi di navi di capacità tale, che appena fra dieci o quindici anni saranno convenientemente utilizzabili, rovinando intanto gli azionisti.

Affinchè il prodotto chilometrico, in venticinque anni di esercizio, cresca da 6,000 a 40,000 lire, esso deve progredire d'anno in anno nella ragione di 1,082, cioè più dell'8 per 0|0.

Suppongasi ora che il costo della ferrovia economica sia salito a lire 120,000 per chilometro (somma sempre

troppo elevata in confronto del prezzo che supporremo per la ferrovia ordinaria), e che il capitale siasi ottenuto metà con azioni e metà con obbligazioni, emesse però al pari, e da rimborsarsi senza premio, con interesse guarentito del 5 0|0. Siccome faremo la stessa supposizione nel confronto con una ferrovia ordinaria, così, se ci scostiamo dall'uso di emettere le obbligazioni al disotto del valor nominale, il vantaggio sarà interamente per l'ultima.

Se le spese d'esercizio sono da principio limitate a L. 5,100 per chilometro (60 0|0 delle spese minime per una ferrovia ordinaria), e si chiudono i conti alla fine di ogni esercizio, alla fine del primo le spese fisse, compresi gli interessi, saranno rappresentate da L. 8,100, mentre l'attivo non è che di L. 6,000.

L'esercizio si chiuderà quindi con un disavanzo di lire 2,100, al quale (come per i seguenti) bisognerà provvedere con un imprestito, che supponiamo possa farsi al 5 0|0, caricandone gl'interessi agli esercizii successivi, fino a che si giunga all'equilibrio.

La situazione finanziaria della piccola linea passerà per le fasi seguenti.

I primi cinque anni saranno passivi, e la somma degli imprestiti parziali per coprire le deficienze sarà di lire 5,947, od in cifra rotonda di L. 6,000.

Il capitale sarà quindi salito a L. 126,000 per chilometro.

A partire dal 6° esercizio, il quale darebbe un sopravvanzo di L. 520, corrispondente quasi all'1 0|0 del capitale azioni, le spese fisse saranno di L. 8,387; il sopravvanzo crescerà per modo, che alla fine dell'11° esercizio, oltre al pagare per la prima volta il 5 0|0 agli azionisti, s'otterrà un piccolo residuo di L. 226 per chilometro.

Le spese d'esercizio però, supposte costanti fino a tanto ch'esse rappresentassero il 50 0|0 dell'introito, sa-

Digitized by Google

ranno salite, a partire dell'ottavo anno, affine di mantenersi in questo rapporto.

Siccome però, oltre alla rinnovazione del materiale, è necessario provvedere all' aumento del medesimo a misura del bisogno, così non conviene far discendere le spese d'esercizio al disotto del 50 0|0, destinando invece ogni risparmio, che possa ottenersi, all'acquisto di nuovo materiale.

A partire dall'11° esercizio, comincia la terza fase della piccola ferrovia.

Superate le prime difficoltà, oltre al servizio degli interessi delle obbligazioni e di quello delle azioni al 5 0|0, si dispone d'un residuo sempre crescente.

Poichè si suppongono le condizioni talmente prospere, che già si vuol pensare all'epoca in cui la ferrovia sarà insufficiente ai bisogni, è necessario procedere come farebbe un industriale, rispetto ad un edifizio che vuol demolire, od un utensile che vuol rimpiazzare con uno più perfezionato: cioè ammortizzare l' intero capitale di L. 126,000 per chilometro.

Continuando le spese d'esercizio a rappresentare il 50 0|0 del prodotto brutto, il prodotto netto, destinato a pagare gl' interessi delle azioni e delle obbligazioni e formare il fondo d' ammortizzazione, sarà da principio di L. 6,613, e andrà crescendo in ragione dell'8 0|0 circa.

Se si calcola quindi la somma che resterà da ammortizzarsi alla fine del 25° anno d'esercizio (15° dell'ammortizzazione), si trova ch'essa è di L. 25,488 per chilometro, cioè un quinto circa del capitale.

Ora la ferrovia, co' suoi edifizi ed il suo materiale fisso e mobile, varrebbe, dopo 25 anni, ben più di 26,000 lire al chilometro, per il fatto solo che il suo prodotto netto sarebbe già di L. 20,000 all'anno; suppongasi, ad esempio, che uno speculatore ne faccia acquisto per L. 50,000

al chilometro: egli potrebbe, abbassando le tariffe, continuarne l'esercizio e sfidare qualunque concorrenza.

Dopo venticinque anni d'esistenza, la Società potrebbe vendere la ferrovia, co' suoi annessi e connessi, per ammortizzare l'ultimo quinto del capitale, dividendo il residuo tra gli azionisti, e poi sciogliersi, e lasciare ad altri la cura dell'avvenire: la speculazione, considerata commercialmente, sarebbe stata ottima, e, pur troppo, non sarà mai che un'ipotesi.

Ma la Società può anche ricostituirsi per trasformare la piccola ferrovia in altra ordinaria.

Essa apporterebbe il materiale della prima linea, il quale, anche venduto come ferro vecchio e legno da ardere, rappresenterebbe tuttavia una certa somma; in fatto però lo stesso materiale potrebbe essere impiegato per nuove diramazioni, e perciò ceduto ad un prezzo discreto.

Essa apporterebbe soprattutto il corpo stradale coi fabbricati, poichè non bisognerebbe credere che fosse inservibile per la nuova linea: occorrerebbe soltanto allargare il terrapieno e le trincee, modificare qualche pendenza, cambiare in qualche punto l'asse per evitare qualche curva troppo stretta, rifare le gallerie, se esistono, ed allargare i ponti; ma una parte considerevole della strada sarebbe utilizzabile, ed i lavori d'ingrandimento resi facili col sussidio della medesima: è appunto quanto succede ogni qualvolta devesi aggiungere un binario ad una ferrovia esistente. La trasformazione stessa del binario si farebbe senza neppur disturbare l'esercizio, adottando temporaneamente il binario misto.

La spesa necessaria alla trasformazione non può agevolmente valutarsi; ma supponiamola elevatissima, p. es. di 100,000 lire per chilometro: s' avrebbe per 126,000 lire al chilometro una ferrovia, che incomincerebbe a fun-

zionare con un prodotto di 40,000 lire, sviluppato dalla piccola ferrovia.

Per meglio accertarsi che, nella stranissima ipotesi di uno straordinario incremento di prodotti, la miglior speculazione sarebbe pur sempre quella di costrurre da principio una piccola ferrovia, esaminiamo quali risultati finanziarii s'otterrebbero costruendo subito una ferrovia a binario normale, di cui limiteremo il costo a L. 170,000, e le spese d'esercizio a L. 8,500 per chilometro, i prodotti seguendo la stessa progressione nel loro sviluppo; senza neppur tener conto che, da principio soprattutto, la piccola ferrovia, con un miglior servizio di treni, come abbiamo più volte notato, potrebbe ottenere un prodotto alquanto superiore.

Il capitale essendo supposto formato allo stesso modo, cioè metà azioni e metà obbligazioni, l' interesse annuo di queste importerebbe un carico di L. 4,250, le quali colle spese d'esercizio (L. 8,500) costituiscono il passivo del primo anno in L. 12,750, mentre l'attivo non sarebbe che di L. 6,000; la deficienza di 6,750 lire dovrebbe esser coperta per mezzo d'imprestiti, che supporremo ottenuti al tasso moderatissimo del 5 0|0, caricandone gl'interessi all'esercizio successivo, e così di seguito fino all'equilibrio, il quale non sarebbe raggiunto che alla fine del quattordicesimo anno, con un primo sopravvanzo di 1,180 lire.

La somma delle deficienze coperte da imprestiti sarebbe di L. 56,785, od in cifra rotonda L. 57,000; cosicchè la ferrovia costerebbe al 14° anno lire 227,000 al chilometro, e gl'interessi dei prestiti e delle obbligazioni ammonterebbero a L. 7,100.

A partire dal 15° anno, le spese d' esercizio comincerebbero ad aumentare onde conservare il rapporto del 50 0|0 col prodotto brutto; cosicchè il prodotto netto sa-

rebbe di L. 8,266 per il 14° esercizio, e di L. 9,071 per il seguente, crescendo poi in ragione dell'8 0|0 circa.

Col 18° esercizio si pagherebbe per la prima volta un interesse del 5 0|0 sulle azioni, e s'otterrebbe un residuo di L. 300 per chilometro.

Generalmente l'ammortizzazione delle obbligazioni comincia poco dopo il primo esercizio; una tale supposizione avrebbe dunque aggravato di molto le condizioni della ferrovia. Supporremo invece che, a partire dal 19° esercizio, si cominci l'ammortizzazione del capitale, che è salito a L. 227,000 per chilometro, e dobbiamo cercare quale somma rimarrà da ammortizzarsi dopo il 25° anno d'esistenza della linea, e dopo il settimo dell'ammortizzazione.

Fatto il calcolo, troviamo che la somma da ammortizzarsi, cioè il valore della ferrovia alla fine del 25° esercizio, è di L. 193,300, cioè più di quanto costò originariamente: tanta è l'influenza delle prime cattive annate, e del grande capitale immobilizzato.

In realtà, le condizioni sarebbero molto peggiori; poichè s'è tacitamente supposto che la ferrovia potrebbe contrarre imprestiti al 5 0|0, e che l'ammortizzazione delle obbligazioni potrebbe essere ritardata fino al 18° esercizio, e finalmente che le obbligazioni siano rimborsate senza premio e nello stesso numero d'anni che le azioni: concessioni tanto più importanti, quanto più considerevole è il capitale impegnato. Infatti, se le obbligazioni dovessero essere rimborsate con un premio eguale ai 2|3 (titoli di L. 300 rimborsabili a L. 500), il capitale della ferrovia salirebbe a L 322,000 per chilometro: la stessa condizione imposta alla piccola ferrovia ne farebbe salire il capitale da ammortizzare a L. 170,000 per chilometro.

Digitized by Google

Partendo dall'ipotesi, pur troppo smentita dall' esperienza quotidiana, che i prodotti possano crescere per 25 anni di più dell'8 0|0, abbiamo provato che, quand'anche si volesse ammortizzare rapidamente il capitale per rifare la linea, quella a sistema economico è di gran lunga più razionale che l'altra a sistema ordinario; benchè la differenza di L. 50,000 per chilometro non rappresenti generalmente tutto il risparmio che può sperarsi sulle spese di costruzione, e benchè sia evidentemente più facile il raccogliere 120,000 lire destinate ad una speculazione profittevole, anzichè 170,000 da impiegarsi a perdita.

Che le condizioni siano sempre più cattive per una ferrovia a grande sezione, quando i prodotti aumentano bensì con una certa rapidità nei primi anni, ma presto rimangono quasi stazionarii, non è necessario di dimostrarlo con molte parole.

Se gl'introiti crescono dell'8 0|0 per lo spazio di 12 anni, elevandosi da 6,000 a 14,300 per chilometro, mantenendosi poi costanti, il residuo netto, pagato il 5 0|0 sull'intero capitale e dedotte le spese d'esercizio in ragione del 50 0|0 del prodotto brutto, sarebbe di L. 1,170 circa per la piccola ferrovia, e questo fondo basterebbe ad ammortizzare in 44 anni l' intero capitale di 126,000 lire.

Collo stesso incremento di traffico la ferrovia a grande sezione non riuscirebbe neppure a pagare integralmente l'interesse delle obbligazioni, dovendo invece provvedere ad una deficienza annuale di 1,200 lire, che aggraverebbe sempre più la sua situazione finanziaria; e senza un nuovo aumento d'introiti, che elevi il reddito brutto a 16,000 lire almeno, la ferrovia dovrebbe fallire, se in buon punto non fosse sussidiata dal Governo o dai Comuni, od as-

sorbita in una vasta rete di linee buone e cattive, dove le prime pagano i debiti delle seconde.

Abbiamo considerato le ferrovie rispetto all' interesse pubblico, precisamente come le strade costrutte dal Governo o dalle Autorità locali: si può dire che tutte le ferrovie in Italia posseggono questo carattere d' utilità pubblica. Nei paesi più industriali, esse rivestono spesso un carattere d'interesse privato, di cui pochissimi esempi, crediamo, si potrebbero citare nel nostro. Tali sono tutte le ferrovie per lo sviluppo delle miniere o l' alimentazione delle officine, alle quali esse appartengono interamente, come gli edifizi o le macchine necessarie all'esercizio dell'industria, qualunque essa sia; sono costrutte colla massima economia, per non dire avarizia, e mantenute in condizione appena sufficiente per il passaggio dei rozzi veicoli, che portano il carbone od i minerali: si tratta di far economia, e forse la si spinge tropp' oltre.

Le ferrovie economiche specialmente possono, in moltissimi casi, rivestire un carattere misto di utilità pubblica e privata; ma noi temiamo, pur troppo, che molti individui, siano essi proprietari di poderi o di miniere o di officine, non sappiano riconoscere ad una strada ferrata, ch'essi desiderano ardentemente, il carattere d'interesse privato. A nessuno d'essi potrebbe certo venir in capo di tentarne la costruzione a proprie spese, perchè evidentemente l'utile sarebbe di rado proporzionato al sacrifizio di capitali richiesto; e tuttavia essi non comprendono il vantaggio di cooperare alla formazione di un consorzio o d'una Società, non già come speculatori, che domandano, ed a buon diritto, un corrispettivo immediato del capitale investito in azioni d' una certa ferrovia, ma come industriali, per i quali la medesima è uno strumento molto utile allo sviluppo dell'industria loro, ed il cui valore

Digitized by Google

deve esser compreso nell'attivo di questa, come tutti gli altri.

Se l'esercizio d'una industria impone l'obbligo di mantenere, ad esempio, dieci cavalli per eseguire il trasporto delle materie, ossia una spesa annua di diecimila lire almeno, e se la costruzione d'una ferrovia riducesse tale spesa della metà, è evidente che il proprietario, tenendo appena conto dell'incremento d'affari, che il mezzo perfezionato di comunicazione certamente arrecherà all'industria stessa, agirà saggiamente col partecipare per una somma di centomila lire (nella supposizione che l'interesse del denaro sia del 5 0|0) alla formazione d' una Società per realizzare il progetto di ferrovia; quand'anche siasi accertato che, almeno ne' primi anni, i prodotti di questa copriranno appena le spese. Le centomila lire si debbono inscrivere all'attivo dell'industria stessa, non già farne un conto separato, come di speculazione affatto indipendente dall' altra.

Diciamo anzi, che farebbe atto intelligentissimo, rinunziando ad ogni interesse o dividendo, fino a che i prodotti permettessero d'accordare un adeguato compenso a quella parte di azioni liberamente sottoscritte da capitalisti che non traggono se non un vantaggio indiretto dalla ferrovia.

Non ci pare che questo concetto molto semplice sia generalmente compreso ed ammesso nel nostro paese; poichè, se lo fosse, non solo moltissime ferrovie, costrutte a spese del pubblico in generale, cioè tanto di chi trae solo un vantaggio limitato od indiretto dalle medesime, quanto di chi largamente approfitta della rapidità e del buon prezzo dei trasporti, sarebbero state fatte con minori sacrifizi, il capitale essendo in gran parte sottoscritto dalle persone più immediatamente interessate; ma siamo convinti che forse da molti anni le ferrovie eco-

nomiche, come noi le proponiamo, sarebbero state accettate e sempre più estese, perchè le Società sarebbero state necessariamente animate da quello spirito di parsimonia essenziale alle industrie ben regolate.

Non solo si sarebbe presto ammessa la necessità di ridurre la larghezza del binario per diminuir le spese, ma, andando più oltre, si sarebbe esaminata la convenienza di collocare le ruotaie lungo le strade ordinarie esistenti, vantaggio questo quasi esclusivamente proprio delle piccole ferrovie.

Da lungo tempo fu proposto di collocare il binario sopra una striscia separata dalle strade ordinarie leggermente modificate, affine di ridurre quasi nulla la spesa del corpo stradale, cioè espropriazione di terreni e movimenti di terra (*); parecchi esempi ne esistono all'estero (senza parlare delle piccole ferrovie di miniera), e la ferrovia da Torino a Rivoli fu appunto stabilita sopra una striscia separata dalla grande strada provinciale da Torino a Susa.

Non abbiamo tuttavia parlato, nel nostro studio delle ferrovie a binario ridotto, della possibilità d'utilizzare per le medesime le strade esistenti; ed abbiamo invece preferito di paragonarle colle ferrovie ordinarie, ma con apposito corpo stradale, come sarebbe spesso inevitabile di adottare, sia perchè non si trovano dappertutto strade larghe e diritte dalle quali si possa senza inconvenienti togliere una striscia per la ferrovia, sia perchè le pendenze ammesse sulle strade ordinarie sono generalmente troppo forti per le locomotive, e le curve troppo strette,

(*) *Étude sur l' utilisation des routes à l'établissement de chemins de fer économiques, par M M. L. Molinos et Pronnier;* Paris, 1861.

Digitized by Google

onde si richiederebbero, ad ogni modo, deviazioni e trasformazioni, che diminuirebbero alquanto l' economia sperata.

Finalmente l'utilizzazione delle strade ordinarie quasi di necessità implica un sussidio accordato alla ferrovia, poichè quelle appartengono al Governo, alle Provincie od ai Comuni.

È però innegabile che il sussidio accordato sotto forma di cessione di parte di una strada esistente, sarebbe più scusabile di quello accordato in capitali a fondo perduto, od in guarentigie di prodotto, non solo per la sua entità, ma ancora per l'eccellente ragione, che non imporrebbe ai contribuenti alcun nuovo aggravio, non assorbirebbe nuovi capitali.

Si potrebbe assegnare al terreno ceduto coi lavori fatti un valore, affine di mantenere il principio che le ferrovie non debbano esser sussidiate; e tuttavia, anche sotto questa forma, la permissione di stabilire la ferrovia sulla strada (vantaggiosa alla cassa del Governo o del Comune) potrebbe spesso diminuire la spesa di costruzione.

Alle obbiezioni che si potrebbero sollevare contro la permissione di far correre locomotive lungo le strade ordinarie, per così dire, e che tuttavia non hanno grande valore, la pratica ha già risposto, e ci asteniamo dal dilungarvici per non istancare il lettore.

Se non c'illudiamo, abbiamo accordato punti d'oro alle ferrovie ordinarie nel precedente parallelo, essendoci fatto legge d'evitare ogni esagerazione in favore del sistema da noi preferito; ma crediamo pure che le obbiezioni vaghe degli avversari debbano esser tradotte in cifre per poterle valutare, ed in tal modo ci pare aver dimostrato quanto si guadagnerebbe nell' abbandonare le ferrovie alla legge comune di tutte le industrie.

Digitized by Google

Abbiamo pure ammessi fin da principio i vantaggi, che il sistema delle guarentigie procurò al nostro paese, tenendo però conto delle straordinarie vicende degli ultimi anni; malgrado ciò, potremmo dire che un immenso errore economico fu commesso, e che l' Italia avrebbe potuto esser dotata di ferrovie senza imporsi così gravi sacrifizi. L'errore tuttavia fu comune al nostro e ad altri paesi, e non abbiamo certamente la pretensione d'elevarci a censori, soprattutto a cose fatte.

Ma, esaminando i risultati ottenuti, e studiando quanto n altri paesi stassi facendo, specialmente in Norvegia, ove 313 chilometri di piccole ferrovie sono già aperti al pubblico servizio, 314 chilometri sono in costruzione, e 220 in progetto; nelle Indie inglesi, dove, in faccia a difficoltà singolari, fu decretata l'introduzione del binario ristretto; nel Continente Americano, quello del Mezzogiorno soprattutto, ove le ferrovie a binario ridotto sono oramai le sole ammesse, noi ci domandiamo se non dobbiamo anche noi trarre profitto dall'esperienza caramente pagata, e meglio misurare le forze co' desiderii, contentandoci di quello che fa strettamente bisogno.

Noi possiamo anche domandarci se regioni tali, come la Sardegna spopolatissima, la Sicilia stessa, benchè molto popolata, e le Calabrie, non solo non ci avrebbero guadagnato moltissimo ad essere solcate da piccole ferrovie, poco costose e facili a costruirsi (ciò che avrebbe già permesso di estender maggiormente la rete); ma ben anche, se il loro interesse ben inteso non s'accordi con quello della Nazione intera, e non suggerisca di adottare per tutte le ferrovie in progetto, ed anche in costruzione, quelle modificazioni, che permetterebbero di ridurne considerevolmente il costo.

Digitized by Google

Nelle altre parti d'Italia, dove le principali arterie sono già costrutte secondo il sistema più costoso, non ci pare che possa mettersi in dubbio la convenienza, per non dir la necessità, di adottare per tutte le nuove linee il binario ridotto, al doppio scopo d' economizzare direttamente sul capitale da immobilizzarsi, ed indirettamente col correggere in certa misura l'errore commesso spendendo troppo sulle linee principali; perchè le piccole ferrovie, invece di peggiorare la situazione, potrebbero non solo dare un qualche benefizio, ma sviluppando efficacemente (e più efficacemente che le ferrovie ordinarie, per le molte ragioni addotte) la ricchezza di quei punti non ancora collegati alla grande rete, apporterebbero a questa un incremento di traffico sempre maggiore, il quale avrebbe per primo risultato di coprire l'ingente passività di quasi tutte le linee attuali.

E non si dica che lo stesso risultato, anzi migliore, si ottiene con diramazioni costrutte sul sistema delle linee principali; poichè, se le diramazioni, (come se ne costrussero tante, e come se ne progettano tante altre) danno alla linea principale come dieci, le rubano come venti per coprire le spese d'esercizio, oltre all'interesse del capitale, e quindi non sappiamo vedervi altra cosa che dieci di perdita assoluta; e se questa, aggiunta a quella delle ferrovie principali, è messa addosso ai contribuenti, confessiamo che non ci persuaderemo mai ch' essi siano d' altrettanto arricchiti.

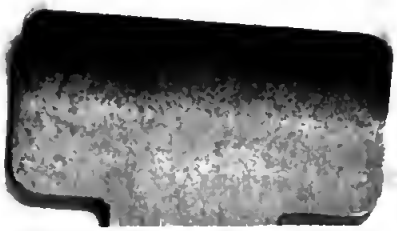
Prendiamo commiato dai lettori, non già nella fiducia che quanto abbiamo saputo dire intorno alle ferrovie economiche abbia bastato a convertirli alle nostre idee: questa sarebbe presunzione non giustificabile, per quanto importante sia l' argomento e buona la causa; speriamo

Digitized by Google

solo, qualunque siano le imperfezioni del nostro lavoro, di aver contribuito a rivolgere l'attenzione di quanti si interessano allo sviluppo delle ferrovie italiane ai mezzi di raggiungere lo scopo, senza aggravio non solo, ma con immediato vantaggio del nostro paese.

FINE.

CORREZIONI

Pagina	15	*linea*	3	*dall'alto, invece di*	1,000	*leggasi*	10,000
»	19	»	10	*dal basso* »	400	»	4,000
»	»	»	9	» »	200	»	2,000
»	21	»	11	» »	se rende	»	se vende
»	33	»	10	» »	Eeast	»	East
»	34	»	2	*dall'alto* »	medesima	»	modestissima
»	54	»	13	» »	12,000	»	11,000
»	51	»	2	*dal basso* »	stesso	»	stretto
»	58	»	1	*dall'alto* »	carrelli	»	cavalli
»	60	»	9	*dal basso, dopo la parola* stabilire, *s'agg.:*			fra la sua locomotiva e le ferrovie a scartamento ridotto
»	73	»	5	» *invece di*	sempre	*leggasi*	semplicemente
»	77	»	8	*dall'alto* »	m. 8,55	»	m. c. 8,55
»	89	»	11	*dal basso* »	27 per 0/0	»	23 per 0/0
»	90	»	6	*dall'alto* »	27 per 0/0	»	28 per 0/0
»	99	»	7	» »	27 per 0/0	»	25 per 0/0
»	121	»	17	» »	per desiderare	»	per non desiderare
»	144	»	9	*dal basso* »	rimporre	»	imporre
»	147	*Spesa di costruzione* — Per chil., compreso il materiale mobile				L. 92,227; 57,120; 72,160; 83,550	
»	148	Prodotto totale per chilometro .				Le cifre rappresentano unità di lire.	
»	149	Spesa totale per chilometro . .					
»	148	Prodotto medio totale per loc. chil.				Le cifre rappresentano lire e millesimi di lira.	
»	149	Spesa totale e per locom. chilom.					
»	159	*linea*	6	*dall'alto, invece di*	Eppure	*leggasi*	E, pure
»	161	»	3	*dal basso* »	Gange	,,	Gauge
»	171	»	5	*dall'alto* »	sia	,,	sarà
»	180	»	13	*dal basso* »	ad esso	,,	adesso
»	186	»	6	*dall'alto* »	dirette	,,	diretti

Digitized by Google